TERCEIRO INVENTÁRIO BRASILEIRO DE EMISSÕES E REMOÇÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA

RELATÓRIOS DE REFERÊNCIA

SETOR DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

2015

TERCEIRO INVENTÁRIO BRASILEIRO DE EMISSÕES E REMOÇÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA

RELATÓRIOS DE REFERÊNCIA

SETOR DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS

EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS

Autores:
Sonia Maria Manso Vieira
João Wagner Silva Alves
Mariana Pedrosa Gonzalez

Apoio:
Bruna Patrícia de Oliveira
Marco Aurélio Reis dos Santos
Jorge Muniz
Camila Isaac França
Eduardo Shimabokuro
Neusa Maria Maciel

Agradecimentos

Os autores agradecem as valiosas contribuições de: Eduardo Assad da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Cleber Sabonaro da Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação (ABIA), Jorge Muniz Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá (UNESP-FEG), Taluia Croso (Universidade de São Paulo - USP), Eduardo Zanbon (Dedini), Denisia Martins, Wagner da Silveira e Julia Cristina dos Santos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Carlos Silva Filho da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), Diógenes Del Bel da Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos (ABETRE) e Geraldo do Amaral Filho, Fernando Pereira, Maria Tominaga, Volf Steinbaum, Maria Fernanda Garcia, José Wagner Pacheco, Paulo José Maria Filho, Marilda Soares, Meron Zajac, Regis Nieto, Mauro Sato e Paulo Katayama da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

Índice

Página

Lista de figuras

Lista de equações

Lista de tabelas

Apresentação

O Inventário Nacional de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal (Inventário) é parte integrante da Comunicação Nacional à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (Convenção de Mudança do Clima). A Comunicação Nacional, por sua vez, é um dos principais compromissos de todos os países signatários da Convenção de Mudança do Clima.

A responsabilidade pela elaboração da Comunicação Nacional é do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), por ser este o responsável pela coordenação da implementação da Convenção de Mudança do Clima no Brasil, conforme divisão de trabalho no âmbito do Governo Federal estabelecida em 1992. A Terceira Comunicação Nacional Brasileira foi elaborada de acordo com as Diretrizes para Elaboração das Comunicações Nacionais dos Países não Listados no Anexo I da Convenção (países em desenvolvimento) (Decisão 17/CP.8 da Convenção) e as diretrizes metodológicas do Painel Intergovernamental de Mudança do Clima (IPCC).

Em atenção a essas Diretrizes, o presente Inventário é apresentado para os anos de 2006 a 2010. Em relação aos anos de 1990 a 2005, o presente Inventário atualiza as informações apresentadas no Segundo Inventário.

Como diretriz técnica básica, foram utilizados os documentos elaborados pelo IPCC: "*Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*" publicado em 1997, o documento "*Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*", publicado em 2000, e o documento "*Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry*", publicado em 2003. Algumas das estimativas já levam em conta o documento "*2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*", publicado em 2006.

De acordo com as diretrizes do IPCC, o Inventário deve ser completo, acurado, transparente, comparável, consistente e ser submetido a processo de controle de qualidade.

A elaboração do Inventário contou com a participação ampla de entidades governamentais e não-governamentais, incluindo ministérios, institutos, universidades, centros de pesquisa e entidades setoriais da indústria. Os estudos elaborados resultaram em um conjunto de Relatórios de Referência, do qual este relatório faz parte, contendo as informações utilizadas, descrição da metodologia empregada e critérios adotados.

Todos os Relatórios de Referência foram submetidos a uma consulta pública, com amplo envolvimento de especialistas que não participaram diretamente na elaboração do Inventário, como parte do processo de controle e garantia de qualidade. Esse processo foi essencial para assegurar a qualidade e a correção da informação que constitui a informação oficial do Governo Brasileiro submetida à Convenção de Mudança do Clima.

Sumário executivo

Este estudo contém as estimativas de emissões de gases de efeito estufa (GEE) pelo tratamento e disposição de resíduos sólidos e efluentes no Brasil no período de 1990 a 2010. As estimativas são feitas com base no *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 1996), no *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 2000) e emprega dados e algumas fórmulas do *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 2006).

As estimativas consideram dados da estatística nacional como a população, clima, geração de resíduo sólido municipal (MSW), locais de aterramento, instalações de tratamento de efluentes, produção industrial e carga orgânica por unidade produzida. Alguns desses dados são publicados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) nos Censos Demográficos, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) e Pesquisa Industrial Anual (PIA). Outras fontes são: a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), a Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos (ABETRE), o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), a União da Indústria da Cana-de-Açúcar (UNICA), a Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação (ABIA), a Indústria Brasileira de Árvores (IBA), a Associação Brasileira da Indústria de Leite Longa Vida (ABLV) e a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

O inventário nacional das emissões de GEE pelo tratamento e disposição de resíduos foi feito com desagregação municipal para as emissões de MSW aterrado. As estimativas de emissões de GEE por incineração, pelo tratamento e disposição de esgotos ou efluentes industriais, em função da disponibilidade de dados, foram feitas sem desagregação nos estados. Esse estudo identifica os dados mais relevantes do setor de saneamento e gestão de GEE.

No ano de 2010, as emissões de metano (CH_4) no Brasil devidas ao aterramento de resíduo sólido municipal (MSW) foram de 1.334 Gg CH_4 (Gg = 1000t), um aumento de 0,1% em relação às emissões de 2005. No mesmo ano de 2010, as emissões devidas à incineração de resíduo sólido industrial perigoso (HW) e resíduo de serviços de saúde (CW) foram de 175 Gg CO_2, (dióxido de carbono) um aumento de 37% em relação às emissões de 2005.

Em 2010, as emissões de CH_4 devidas ao tratamento de efluentes domésticos foram de 513 Gg CH_4, um aumento de 17% em relação às emissões de 2005. No mesmo ano de 2010, as emissões de CH_4 pelos efluentes industriais foram de 623 Gg CH_4, um aumento de 60% em relação às emissões de 2005. Também nesse mesmo ano, as emissões de (óxido nitroso) N_2O devidas à incineração de HW e CW eram de menos de 10t, e continuam nessa ordem de grandeza em 2010. Por fim, as emissões de N_2O pelos efluentes foram de 7,2 Gg N_2O em 2010.

A Tabela 1, a Tabela 2 e a Tabela 3, a seguir, apresentam o resumo das estimativas de 1990, 1995, 2000, 2005 e 2010 e a variação entre 2005 e 2010 das emissões de CH_4, CO_2 e N_2O relativas ao tratamento e disposição de resíduos sólidos, efluentes domésticos e industriais no Brasil.

Tabela 1 - Emissões de CH_4 pela disposição de MSW no solo, tratamento e disposição de efluentes

Resíduo \ano	1990	1995	2000	2005	2010	Variação 2005/2010
	[GgCH_4]					[%]
MSW aterrado	824	965	1.149	1.237	1.334	0,1
Efluentes domésticos	267	304	372	437	513	17
Efluentes industriais	83	149	233	388	623	60

Tabela 2 - Emissões de CO_2 pela incineração de HW e CW

Resíduo \ano	1990	1995	2000	2005	2010	Variação 2005/2010
	[GgCO_2]					[%]
HW e CW incinerado	19	78	95	128	175	37

Tabela 3 - Emissões de N_2O pela incineração de HW e CW e pelos efluentes domésticos

Resíduo \ano	1990	1995	2000	2005	2010	Variação 2005/2010
	[GgN_2O]					[%]
HW e CW incinerado	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	n.e.
Efluentes domésticos	4,32	4,83	5,67	6,60	7,20	9

n.e.: não estimado

As maiores emissões de CH_4 são aquelas devidas à disposição de MSW no solo. À medida que melhoram as condições operacionais dos locais de disposição sem a correspondente inclusão de sistemas de captura e destruição do CH_4, tende aumentar a emissão de CH_4 desse setor. Esse fato não torna interessante o lixão, apenas alerta para a necessidade de inclusão de ações de captura e destruição ou, preferencialmente, uso energético do CH_4 no processo de melhoria sanitária.

Como se observa na Tabela 1, as emissões de CH_4 devidas ao tratamento ou lançamento de efluente doméstico aumentaram 17% de 2005 a 2010, refletindo uma pequena melhora nas condições sanitárias da população. Hoje, uma pequena parcela do esgoto coletado é tratada. É necessária a expansão do tratamento e essa deve considerar o impacto nas emissões de GEE. Se forem privilegiadas técnicas de baixa emissão, todo o efluente pode ser tratado com emissões tão baixas quanto aquelas registradas atualmente.

As emissões de CH_4 devidas à disposição do MSW no solo aumentam com a expansão dos serviços de coleta e com a melhora na operação dos locais de disposição. Essas emissões aumentaram

continuamente nas últimas décadas e devem continuar aumentando. Projetos de geração de energia com CH_4 e destruição reduziram parte desse aumento. Práticas indicadas na PNRS como redução na fonte, reuso, reciclagem e geração de energia com o CH_4 se intensificadas nesse setor podem reduzir essas emissões.

O setor de açúcar e álcool aplica a quase totalidade de seus efluentes na fertirrigação. Nos últimos anos, uma pequena fração do efluente vem sendo tratada por sistemas biológicos como lagoas ou reatores. Em especial a fabricação de cervejas utiliza o tratamento biológico por reator anaeróbio de fluxo ascendente e, a partir de 2002, conta com sistemas de recuperação energética de biogás. O setor de leite utiliza, principalmente, lagoas aeradas e sistemas aeróbios. A fabricação de papel ocorre associada à da celulose. A fabricação desse segundo produto, por envolver maior geração de carga orgânica, foi a única considerada para a estimativa do setor de papel e celulose. Os setores de abate de bovinos, suínos e aves não incluem as atividades desenvolvidas em meio rural.

Considerando-se os resultados da 2ª Comunicação, as emissões do setor de papel e celulose e as dos setores de açúcar e álcool contribuíram para o aumento verificado na 3ª Comunicação. Os setores de açúcar e álcool passaram a tratar anaerobiamente cerca de 5% dos seus efluentes em 2010 e reduziram-se as emissões do setor de cervejas que passou a fazer uso energético do biogás que era desprezado no início da primeira década do século 21.

As pequenas quantidades de HW e CW incineradas emitem CO_2 e N_2O. As primeiras se devem à fração de materiais de origem fóssil, como são os plásticos, no resíduo sólido. A possível introdução, em futuro próximo, da incineração dentre as técnicas de gestão de MSW deve aumentar sensivelmente essas emissões se essas não segregarem os materiais fósseis do MSW. A incineração de resíduos sólidos não é uma prática comum no Brasil. A estimativa das quantidades incineradas de HW e CW indica emissões de CO_2 baixas e de N_2O, desprezíveis.

As emissões de N_2O pelos efluentes domésticos são relativamente baixas sendo potencializadas pelo alto GWP. A sua variação é regida pela variação populacional e pela taxa de consumo de proteína per capita.

1 Introdução

1.1 Emissões de GEE no setor de tratamento e disposição de MSW

A principal fonte de emissões de GEE pelo tratamento e disposição de resíduos é o resíduo sólido municipal (MSW) disposto no solo. Em grande parte dos municípios do país, o MSW é disposto precariamente no solo.

Quanto aos efluentes, a principal preocupação, ainda está em atender a população com distribuição de água e coleta de efluentes domésticos. A maior parte do efluente doméstico, mesmo quando coletado, não é tratado, sendo lançado diretamente nos rios sem o emprego de práticas eficientes de redução, reuso, separação na fonte e reciclagem.

O tratamento ou disposição dos resíduos pode emitir GEE. Os métodos empregados para estimar essas emissões são o *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (*IPCC, 1996*) e o *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* (*IPCC, 2000*).

1.1.1 Disposição de resíduos sólidos

Os resíduos sólidos podem ser descartados diretamente ou, antes do descarte final, sofrer algum tipo de tratamento. No Brasil, o destino final mais comum é a disposição no solo. Nos locais onde os resíduos são dispostos, pode ocorrer emissões de GEE, sendo o metano (CH_4) o mais relevante. Quantidades significativas dessa substância são liberadas na atmosfera em consequência da decomposição anaeróbia da fração orgânica do MSW.

Apesar da melhoria dos indicadores, ocorrida nos últimos anos, a gestão de MSW no Brasil é precária. Como se observa na Tabela 4, entre 1989 e 2008, a fração de municípios onde o MSW é depositado em lixões passou de 88,2% para 50,8%. No mesmo período, a fração de municípios onde o MSW é depositado em aterros sanitários passou de 1,1% para 27,7%.

Tabela 4 - Destino final dos resíduos sólidos em 1989, 2000 e 2008

Ano	Vazadouro a céu aberto	Aterro controlado	Aterro sanitário
	%		
1989[1]	88,2	9,6	1,1
2000	72,3	22,3	17,3
2008	50,8	22,5	27,7

Fonte: IBGE (2000a)

[1] A soma das frações da Tabela 4 deveria ser igual a 100%, todavia é 98,9%; 111,9% e 101% em 1989, 2000 e 2008.

Esse estudo estima as emissões de CH_4 pela disposição no solo de MSW. Para tanto, foram empregados dados como população, clima, composição dos resíduos e condição dos locais de disposição. O estudo indicou a necessidade de se adaptar e ampliar a base de dados nacional sobre esse tema, visando uma estimativa mais precisa, menos onerosa e mais eficiente. Dados como quantidade de resíduos gerada, fração coletada, destino, composição e condição operacional do local de disposição são indispensáveis.

1.1.2 Incineração de resíduos sólidos

A incineração é outro destino que pode ser dado aos resíduos sólidos. No Brasil, esta é realizada para resíduos sólidos de saúde (CW) e resíduos sólidos industriais perigosos (HW). Neste tipo de tratamento, a combustão da fração de origem fóssil dos resíduos é a responsável pelas emissões de CO_2. A fração de matéria orgânica do resíduo também emite CO_2 quando incinerada, porém, por ser considerada biogênica, ela não se soma as emissões de GEE. Já a emissão de N_2O pela incineração varia em função do tipo de incinerador, do tipo de resíduo, da temperatura e do tempo de permanência do resíduo no incinerador.

Este estudo estima as emissões de CO_2 e N_2O devidas à incineração de resíduos sólidos. Para tanto, foram necessários dados como quantidade, composição do resíduo incinerado e tecnologia de incineração. A escassez desses dados eleva a incerteza da estimativa das emissões. Os dados publicados foram organizados e adaptados, sustentando a estimativa desse estudo.

O estudo indicou a necessidade de criação de uma base de dados nacional sobre esse tema, visando uma estimativa mais precisa, menos onerosa e mais eficiente.

1.1.3 Tratamento e disposição de efluentes domésticos

Efluentes com matéria orgânica como o esgoto doméstico têm potencial para emissão de CH_4. A matéria orgânica presente no esgoto é expressa em termos de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) que é o principal fator determinante do potencial de geração de CH_4. A DBO é um indicador que representa a quantidade de oxigênio consumida por microrganismos na oxidação bioquímica de matéria orgânica.

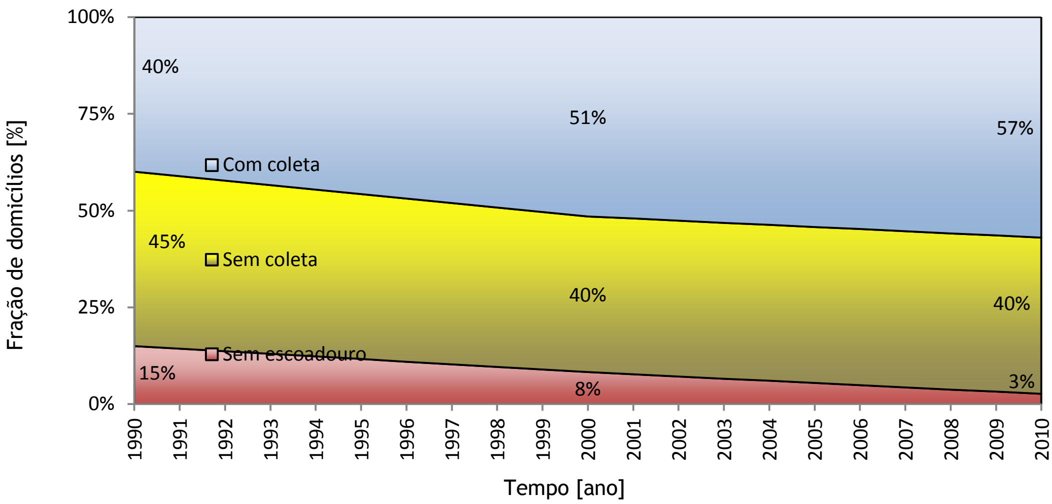
Os sistemas empregados para o tratamento de esgoto podem ser lagoas de estabilização (anaeróbias, aeróbias, aeradas, facultativas, de maturação ou mistas), de lodos ativados, filtros biológicos, valos de oxidação, reatores anaeróbios, além dos sistemas alternativos de tratamento no local como as fossas sépticas e valas.

A emissão de CH_4 ocorre pela degradação anaeróbia da matéria orgânica. A degradação da proteína presente nos efluentes emite N_2O.

Para estimar as emissões de GEE pelos efluentes domésticos, foram necessários dados de população, carga orgânica no esgoto, consumo de proteína e fração tratada por tipo de tratamento.

A evolução da gestão de efluentes domésticos pode ser observada na Figura 1. De 1990 a 2010, a fração de esgoto sem coleta passou de 45% para 40%, a fração coletada aumentou de 40% para 57% e a fração dos domicílios sem escoadouro passou de 15% para 3% no mesmo período. (Adaptado do IBGE, 1991, 2000 e 2010).

Figura 1 - Fração de domicílios de acordo com o escoadouro



Fonte: Adaptado do IBGE, 1991, 2000 e 2010

Quanto às informações sobre o volume de efluente doméstico coletado e tratado, os dados dos Censos e das Pesquisas Nacionais de Saneamento Básico (PNSB) apresentam inconsistências entre si devidas, principalmente, aos métodos de pesquisa. A unidade de medida do Censo é o domicílio, enquanto que a unidade de medida da PNSB é o município, o distrito ou a estação de tratamento de esgotos. Além disso, os anos de publicação de um e outro são distintos. Assim, a interpretação dessa informação é um desafio.

Apesar disso, no geral, observa-se uma melhora na qualidade dos dados e 2008 em relação aos de 1989, 1991 e 2000.

Por fim, a emissão de N_2O devida à degradação da proteína contida no efluente doméstico é estimada de acordo com o método do IPCC (1996) corrigido e com base nos dados da *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2014), do IBGE (2014) e do IPCC (2006).

1.1.4 Tratamento e disposição de efluentes industriais

De acordo com a (norma brasileira) NBR 9800 de 1987 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1987), efluente líquido industrial é o despejo líquido proveniente do estabelecimento industrial, compreendendo as emanações de processos industriais, águas de refrigeração poluídas, águas pluviais poluídas e esgoto.

A fração orgânica presente nesses efluentes varia de acordo com os produtos e processos envolvidos. Uma mesma instalação inclui vários e diferentes tipos de efluentes que demandam diferentes tipos de tratamento.

Assim como ocorre com o efluente doméstico, a degradação anaeróbia do efluente industrial pode gerar CH_4. Para estimar as emissões de GEE desse setor, foram identificados os principais setores geradores de efluentes com elevada matéria orgânica. Em lugar dos 3 ou 4 setores recomendados pelo IPCC, esse estudo incluiu 9 setores produtivos. Com os dados de produção e estimativas de geração de carga orgânica por unidade produzida, estimaram-se as cargas orgânicas geradas. Considerando os *default* do IPCC e os dados de licenciamento ambiental da CETESB, um painel de especialistas traçou um perfil da evolução do tratamento dos efluentes empregado nos seguintes setores: açúcar, álcool, cerveja, leite cru, papel e celulose, abate de bovinos, suínos e aves e leite pasteurizado.

1.2 As estimativas de emissões de GEE pelo tratamento e disposição de resíduos

A estimativa das emissões de GEE pela disposição no solo do MSW foi feita com desagregação municipal e apresentada por estado, a estimativa das emissões pela incineração de HW e CW foi feita a partir de dados com maior incerteza, uma vez que as publicações oficiais a esse respeito reportam dados como a capacidade instalada e não as quantidades incineradas. A estimativa das emissões de GEE pelo tratamento de efluentes domésticos foi feita com os dados nacionais sem desagregação estadual e a estimativa das emissões de GEE pelo tratamento de efluentes industriais é feita em nível nacional por setor produtivo.

1.3 Incerteza

Por simulação de Monte Carlo, determinou-se que as incertezas das estimativas das emissões de GEE variam entre: -30 e +35% de CH_4 pelos efluentes domésticos, entre -25 e 30% de CH_4 pelos efluentes industriais, entre -14 e 15% de N_2O pelos efluentes domésticos, entre -22 e 23% de CH_4 pelo MSW disposto no solo e, por último, entre -57 e 56% de GEE pelo HW e CW

incinerado. A variação de estratos populacionais não indicou variação significativa na incerteza das emissões de CH_4 pelo MSW disposto no solo.

2 Emissões de CH_4 pela disposição de MSW no solo

A seguir, é apresentada a estimativa das emissões de CH_4 pela disposição de MSW no solo.

2.1 Método das emissões de CH_4 pela disposição de resíduos sólidos

O método utilizado para estimar das emissões de CH_4 provenientes da disposição no solo do MSW foi o decaimento de primeira ordem do IPCC (2000), descrito na Equação 1, abaixo:

$$Q(t) = \sum_t \{[(A.k.MSW_T(t).MSW_F(t).L_0(t)).e^{-k(t-x)}] - R(t)\}.(1 - OX)$$

Equação 1 - *FOD*

onde:

Q(t)	*Quantidade de CH_4 gerado ao ano*	*[$GgCH_4.ano^{-1}$]*
A	*Fator de normalização para a soma*	*[ano]*
k	*Taxa constante de geração de CH_4*	*[ano^{-1}]*
$MSW_T(t)$	*Quantidade de MSW gerado no ano t*	*[$GgMSW.ano^{-1}$]*
$MSW_F(t)$	*Fração de MSW destinado ao aterro no ano t*	*[adimensional]*
$L_0(t)$	*Potencial de geração de CH_4*	*[$GgCH_4.GgMSW^{-1}$]*
t	*Ano do inventário*	*[ano]*
x	*Ano do aterramento*	*[ano]*
R	*Recuperação do CH_4*	*[$GgCH_4.ano^{-1}$]*
OX	*Fator de oxidação*	*[adimensional]*

A estimativa das emissões de CH_4 pelo MSW disposto no solo, nesse estudo, é feita por município, portanto, a emissão total do país corresponde à soma das emissões de todos os municípios no período, conforme indica a Equação 2, abaixo.

$$Emiss\tilde{a}oCH_4 = \sum_j Q(t)$$

Equação 2 - Emissão de CH_4 pelo *MSW* disposto em solo

onde:

j *Município*

O fator de normalização *A* é definido pela Equação 3 do (IPCC 2006), que altera a equação sobre a mesma grandeza do IPCC (2000).

$$A = \frac{e^k - 1}{k}$$

Equação 3 - *A*

A estatística brasileira, não publica dados sobre *$MSW_T(t)$* e *$MSW_F(t)$*. O produto desses dados representa o *MSW* disposto no solo. Considerando-se os dados disponíveis, conclui-se que essa informação pode ser estimada por outros dados, sendo equivalente ao produto de dados mais acessíveis e confiáveis como *TaxaMSW(t) e $Pop_{urb}(t)$*. Assim, o produto *$MSW_T(t).MSW_F(t)$* pode ser reescrito de acordo com a Equação 4.

$$MSW_T(t) \cdot MSW_F(t) = TaxaMSW(t) \cdot Pop_{urb}(t)$$ ***Equação 4 - MSW disposto no solo***

onde:

TaxaMSW(t)	MSW coletado por habitante diariamente	[kgMSW.(hab.dia)$^{-1}$]
Pop_{urb}(t)	População urbana	[hab]

O L_0(t), introduzido na Equação 1, é definido pela Equação 5, a seguir.

$$L_0(t) = MCF(t).DOC(t).DOC_f.F.\frac{16}{12}$$ **Equação 5 – L_0(t)**

onde:

MCF(t)	*Fator de correção do CH_4 referente ao gerenciamento dos locais de disposição*	*[adimensional]*
DOC(t)	*Carbono orgânico degradável*	*[GgC.GgMSW^{-1}]*
DOC_f	*Fração do DOC que decompõe*	*[adimensional]*
F	*Fração de CH_4 no biogás*	*[adimensional]*
16/12	*Razão de conversão de C a CH_4*	*[adimensional]*

O carbono orgânico degradável *DOC*(t), introduzido na equação acima, é estimado de acordo com Equação 6 do IPCC (2006), que altera a equação sobre a mesma grandeza do IPCC (2000).

$$DOC(t) = (0{,}4.A) + (0{,}24.B) + (0{,}15.C) + (0{,}43.D) + (0{,}20.E) + (0{,}24.F) + (0{,}39.G)$$ **Equação 6 – *DOC*(t)**

onde:

0,40	*para papéis*	*[% de DOC em massa úmida]*
0,24	*para têxteis*	*[% de DOC em massa úmida]*
0,15	*para resíduos alimentares*	*[% de DOC em massa úmida]*
0,43	*para madeira*	*[% de DOC em massa úmida]*
0,20	*para resíduos de jardins e parques*	*[% de DOC em massa úmida]*
0,24	*para fraldas*	*[% de DOC em massa úmida]*
0,39	*para borracha e couro*	*[% de DOC em massa úmida]*

e

A	*Fração de papéis*	*[adimensional]*
B	*Fração de têxteis*	*[adimensional]*
C	*Fração de resíduos alimentares*	*[adimensional]*
D	*Fração de madeira*	*[adimensional]*
E	*Fração de resíduos de jardins e parques*	*[adimensional]*
F	*Fração de fraldas*	*[adimensional]*
G	*Fração de borracha e couro*	*[adimensional]*

Fonte: IPCC, 2006

Dados de composição de *MSW* desde 1970 até 2010 foram agrupados por região ou estado. Sua variação foi definida de acordo com a Equação 7.

$$DOC(t) = a.t + b$$ **Equação 7 – *DOC*(t)**

onde:

DOC(t)	*Carbono orgânico degradável*	*[GgC.GgMSW^{-1}]*

t	*Ano de estimativa*	*[ano]*
a	*Coeficiente angular*	*[GgC.(GgMSW.ano)$^{-1}$]*
b	*Coeficiente linear*	*[GgC.GgMSW^{-1}]*

2.2 Dados

2.2.1 Constante de geração de CH_4 - *k* e fator de normalização para a soma - *A*

A constante de geração de CH_4 - *k* define o tempo para que o *DOC* do MSW disposto no solo decaia para a metade de sua massa inicial.

O *k* foi definido de acordo com a Tabela 5 para a massa misturada de MSW. Para tal, foram levantadas a temperatura média anual (MAT), a precipitação média anual (MAP) e o potencial de evapotranspiração (PET) de todos os municípios do Brasil dos períodos de 1970 a 1990, de 1991 a 2000 e de 2001 a 2010. O clima mais quente e úmido favorece a degradação anaeróbia, enquanto que os climas quente e seco ou frio e seco a tornam mais lenta.

Tabela 5 - D*efault* de *k* para o MSW misturado

Clima boreal e temperado				Clima tropical			
MAT ≤ 20°C				MAT > 20°C			
Seco		Úmido e molhado		Seco		Úmido e molhado	
(MAP/PET < 1)		(MAP/PET > 1)		(MAP < 1000mm)		MAP ≥ 1000mm	
default	Faixa	*default*	Faixa	*Default*	faixa	*default*	Faixa
0,05	0,04 - 0,06	0,09	0,08 - 0,1	0,065	0,05 - 0,08	0,17	0,15 - 0,2

Fonte: Adaptado IPCC (2006)

2.2.2 Temperatura média anual - *MAT*, Precipitação média anual - *MAP* e Potencial de evapotranspiração - *PET*

De acordo com o INMET (2014), a MAT é a média das temperaturas médias mensais, que por sua vez, representa o registro da somatória das temperaturas médias compensadas diárias, dividida pelo número de dias do mês. A MAP é a razão da soma das precipitações anuais no período pelo número de anos. O PET indica a quantidade potencial de água que pode retornar à atmosfera por evapotranspiração, sendo evaporação potencial do solo e transpiração potencial das plantas sem limitação quanto à disponibilidade de água e se houver condições de evaporação à

superfície do solo. Os dados municipais de MAT, MAP e PET são dos períodos de 1970 a 1990, de 1991 a 2000 e de 2001 a 2010 da plataforma CRU[2].

2.2.3 População urbana - $Pop_{urb}(t)$

No Brasil, o serviço de coleta de *MSW* só ocorre em áreas urbanas. Dessa forma, considera-se a $Pop_{urb}(t)$ de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010 (IBGE, 2014) de cada município. A Tabela 6 reproduz os totais estaduais dos 5.565 municípios listados no Censo 2010 e a respeito dos quais são feitas as estimativas desse estudo.

Tabela 6 – Pop_{urb} do Brasil[3] e dos estados nos anos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010

UF	1970[4]	1980	1991	2000	2010
	[hab]				
Brasil	52.097.260	80.437.327	110.990.990	137.953.959	160.925.804
Rondônia	59.607	228.168	659.327	884.523	1.149.180
Acre	59.439	131.930	258.520	370.267	532.279
Amazonas	406.052	856.716	1.502.754	2.107.222	2.755.490
Roraima	17.582	48.738	140.818	247.016	344.859
Pará	1.021.195	1.666.993	2.596.388	4.120.693	5.191.559
Amapá	62.400	103.719	234.131	424.683	601.036
Tocantins	129.587	293.175	530.636	859.961	1.090.106
Maranhão	753.466	1.254.830	1.972.421	3.364.070	4.147.149
Piauí	537.510	897.812	1.367.184	1.788.590	2.050.959
Ceará	1.781.068	2.810.373	4.162.007	5.315.318	6.346.569
Rio Grande do Norte	736.615	1.115.279	1.669.267	2.036.673	2.464.991
Paraíba	1.002.420	1.449.206	2.052.066	2.447.212	2.838.678
Pernambuco	2.811.656	3.784.990	5.051.654	6.058.249	7.052.210
Alagoas	631.973	977.161	1.482.033	1.919.739	2.297.860
Sergipe	415.360	617.851	1.002.877	1.273.226	1.520.366
Bahia	3.086.383	4.660.499	7.016.770	8.772.348	10.102.476
Minas Gerais	6.063.298	8.983.371	11.786.893	14.671.828	16.715.216
Espírito Santo	722.214	1.293.139	1.924.588	2.463.049	2.931.472
Rio de Janeiro	7.906.618	10.368.387	12.199.641	13.821.466	15.464.239
São Paulo	14.277.802	22.196.896	29.314.861	34.592.851	39.585.251
Paraná	2.504.253	4.472.506	6.197.953	7.786.084	8.912.692
Santa Catarina	1.247.158	2.154.250	3.208.537	4.217.931	5.247.913
Rio Grande do Sul	3.554.239	5.250.024	6.996.542	8.317.984	9.100.291
Mato Grosso do Sul	451.692	919.256	1.414.447	1.747.106	2.097.238
Mato Grosso	232.165	655.141	1.485.110	1.987.726	2.482.801
Goiás	1.109.501	2.107.923	3.247.676	4.396.645	5.420.714
Distrito Federal	516.007	1.138.994	1.515.889	1.961.499	2.482.210

Fonte: IBGE (2014a)

[2] O CRU é uma base de dados que apresenta dez variáveis de clima para 289 países, dentre eles o Brasil, abrangendo o período de 1901 a 2012 (BADC, 2013). Os dados do CRU apresentam como principais fontes Hulme (1992, 1994), Hulme, Osborn e Jonhs (1998) and Harris et al (2013).

[3] A $Pop_{urb}(t)$ dos anos intermediários aos dos Censos foi estimada linearmente. A $Pop_{urb}(t)$ dos municípios criados entre Censos, contabilizados pela primeira vez, varia de 0 no ano seguinte ao Censo anterior até a quantidade indicada no Censo posterior à criação do município.

[4] A estimativa das emissões de 1990 considera o MSW disposto no solo desde 1970. 20 anos após a disposição, as emissões são 3% das iniciais.

2.2.4 Taxa disposição de MSW no solo - *TaxaMSW*(t)

Nesse estudo, os dados a respeito de MSW coletado equivalem ao MSW disposto no solo. A *TaxaMSW*(t) foi estimada a partir de dados da CETESB e da ABRELPE.

No passado, no processo de dimensionamento de aterros, os dados da Tabela 7 foram empregados pela CETESB e pelas prefeituras para estimar as quantidades de *MSW* coletadas por município.

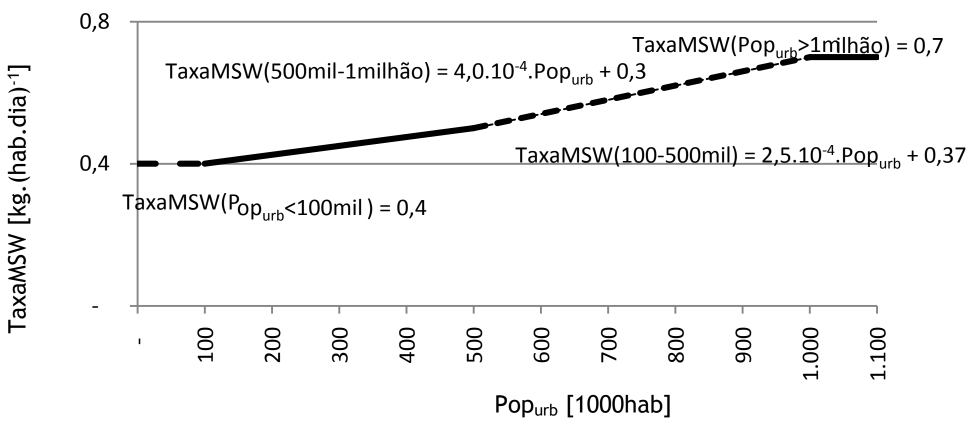
Tabela 7 - *TaxaMSW*(1970)

Pop_{urb}	TaxaMSW
[habitantes]	$[kgMSW.(hab.dia)^{-1}]$
até 100.000	0,4
de 100.001 a 500.000	0,5
de 500.001 a 1.000.000	0,6
mais de 1.000.000	0,7

Fonte: CETESB (1998)

Essa informação foi adaptada da forma como se apresenta na Figura 2, a seguir.

Figura 2 - *TaxaMSW*(1970) adaptada



As fórmulas de *TaxaMSW*, exibidas acima, foram arbitradas para o ano de 1970 para o Brasil de acordo com a Equação 8. Seus coeficientes são resumidos na Tabela 8, definindo-se assim a *TaxaMSW(1970)*.

A *TaxaMSW*(2008) é um dado publicado pela ABRELPE. Considerando a inconsistência dos dados publicados anteriormente pela própria ABRELPE, pelo IBGE e pelo MMA, esse estudo não considera as informações anteriores, pois apenas a partir desse ano, as *TaxaMSW* são provenientes de estudos amostrais realizados pela própria ABRELPE.

A *TaxaMSW* dos anos entre 1970 e 2008 é estimada por interpolação linear das taxas de 1970 e 2008. A *TaxaMSW*(1970) é nacional. As taxas de 2008, 2009 e 2010 são específicas para as regiões N, NE, CO, S e SE. Além disso, as cidades com Pop_{urb} maior que 500 mil habitantes têm seus dados estimados separadamente.

A Equação 8 define a *TaxaMSW*(t) para os anos de 1970 do Brasil e de 2008, 2009 e 2010 por estado, região ou município.

$$TaxaMSW(t)i = a.Pop_{urb} + b$$ **Equação 8 - $TaxaMSW_{i,j}$**

onde:

TaxaMSW	*Taxa de coleta de MSW*	*[kgMSW.(hab.dia)$^{-1}$]*
Pop_{urb}	*População urbana*	*[1000hab]*
a	*Coeficiente angular*	*[kgMSW.(1000hab^2.dia)$^{-1}$]*
b	*Coeficiente linear*	*[kgMSW.(hab.dia)$^{-1}$]*
i	*BR, região, estado ou município*	
t	*ano: 1970, 2008, 2009 e 2010*	

Os coeficientes apresentados na Tabela 8, a seguir, são aplicados na Equação 8:

Tabela 8 - Coeficientes para a estimativa da *TaxaMSW*(t)

ano	Região	Condição	Coeficiente angular (a)	Coeficiente linear (b)
1970	BR	Pop_{urb} ≤ 100mil hab	0	0,400
	BR	100mil < Pop_{urb} ≤ 500mil hab	0,000250	0,375
	BR	500mil < Por_{urb} ≤ 1milhão hab	0,000400	0,300
	BR	Pop_{urb} ≥ 1milhão hab	0	0,700
2008	N	N	0,000380	0,5879
	NE	NE	0,000237	0,7416
	CO	CO	0,000417	0,6308
	SE	SE	0,000198	0,6364
	S	S	0,000400	0,5536
2009	N	N	0,000316	0,6737
	NE	NE	0,000256	0,7856
	CO	CO	0,000357	0,7603
	SE	SE	0,000155	0,7925
	S	S	0,000305	0,6717
2010	N	N	0,000381	0,7083
	NE	NE	0,000208	0,8640
	CO	CO	0,000277	0,9094
	SE	SE	0,000168	0,8186
	S	S	0,000280	0,7111

Fonte: ABRELPE (2008, 2009 e 2010)

A *TaxaMSW* das cidades com Pop_{urb} superior a 500 mil habitantes foi estimada individualmente pela ABRELPE e é reproduzida na Tabela 9, a seguir. Esses dados foram reavaliados nesse estudo e, quando evidentemente inconsistentes, desconsiderados.

Tabela 9 – *TaxaMSW* das cidades com Pop_{urb} superior a 500 mil habitantes

Região	UF	Cidade	TaxaMSW 2008	TaxaMSW 2009	TaxaMSW 2010
			kgMSW.(hab.dia)$^{-1}$		
N	PA	Ananindeua	n.e.	0,78	n.e.
		Belém	d.d.	1,1	1,23
	RR	Boa Vista	d.d.	d.d.	d.d.
	AP	Macapá	0,74	0,75	0,97
	AM	Manaus	1,23	1,25	1,34
	TO	Palmas	0,64	0,79	0,88
	RO	Porto Velho	0,75	0,79	0,95
	AC	Rio Branco	0,62	0,85	0,82
NE	SE	Aracaju	0,9	0,99	1,01
	BA	Feira de Santana	0,98	1,02	1
	CE	Fortaleza	1,17	1,36	1,39
	PE	J. dos Guararapes	0,92	d.d.	0,99
	PB	João Pessoa	1,07	d.d.	1,03
	AL	Maceió	1,03	d.d.	1,05
	RN	Natal	1,76	1,83	d.d.
	PE	Recife	1,14	1,29	1,29
	BA	Salvador	1,44	1,44	d.d.
	MA	São Luís	1,12	1,12	d.d.
	PI	Teresina	0,87	0,92	1,08
CO	GO	Aparecida de Goiânia	n.e.	0,77	n.e.
	DF	Brasília	1,73	1,7	1,62
	MS	Campo Grande	0,78	0,98	1,06
	MT	Cuiabá	0,83	0,93	1,05
	GO	Goiânia	1,14	1,19	1,26
SE	RJ	Belford Roxo	n.e.	0,91	n.e.
	MG	Belo Horizonte	1,15	1,25	1,26
	SP	Campinas	0,82	d.d.	0,98
	MG	Contagem	0,73	0,93	1,08
	RJ	Duque de Caxias	0,81	d.d.	0,97
	SP	Guarulhos	0,88	d.d.	0,98
	MG	Juiz de Fora	0,72	0,86	0,92
	RJ	Nova Iguaçu	0,74	d.d.	0,92
	SP	Osasco	0,85	d.d.	0,9
		Ribeirão Preto	0,85	d.d.	0,9
	RJ	Rio de Janeiro	1,3	1,62	1,86
	SP	Santo André	0,88	d.d.	0,98
		S. B do Campo	0,79	d.d.	1
	RJ	São Gonçalo	0,83	d.d.	1
	SP	S. J. Campos	0,77	0,84	0,88
		São Paulo	1,23	d.d.	1,22
		Sorocaba	0,75	d.d.	0,9
	MG	Uberlândia	1,03	0,96	0,9
	ES	Vitória	0,7	0,84	0,96
S	PR	Curitiba	1,03	1,2	1,22
	SC	Florianópolis	0,74	0,85	1,01
	PR	Londrina	0,8	0,88	n.e.
	RS	Porto Alegre	1,04	1,07	1,11

Fonte: adaptado da ABRELPE (2008, 2009 e 2010)

Notas: n.e.: não estimado

d.d.: dado desprezado

2.2.5 Potencial de geração de CH_4 - $L_0(t)$

O $L_0(t)$ é estimado conforme a Equação 5.

A seguir, são apresentados os dados empregados na determinação do $L_0(t)$: *MCF*, *DOC*(t), *DOCf* e *F*.

2.2.5.1 Fator de correção de CH_4 - MCF

O *MCF* reflete o aspecto de gestão dos locais de disposição. Utilizou-se a classificação do IPCC (2000) como é apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 - *MCF*

Características do local de disposição de MSW	MCF [Adimensional]
Gerenciados	1,0
Não gerenciados – com profundidade maior ou igual a 5m	0,8
Não gerenciados – com profundidade menor do que 5m	0,4

Fonte: Adaptado IPCC (2000)

Não havendo uma publicação nacional sobre esse tema, estimou-se a operação do local de disposição de *MSW* em função do tamanho da Pop_{urb} dos municípios, conforme as hipóteses apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11 - Relação de Pop_{urb} e *MCF*

Condição	Hipótese	MCF [Adimensional]
Pop_{urb} >1.000.000hab	Local gerenciado ou aterro sanitário	1,0
50.000 < Pop_{urb} ≤ 1.000.000hab	Local não gerenciado, com profundidade maior ou igual a 5m	0,8
Pop_{urb} ≤ 50.000hab	Local não gerenciado, com profundidade inferior a 5m	0,4

No estado de São Paulo, um programa de melhoria dos locais de disposição de MSW no solo iniciado em 1997 incluiu a avaliação e publicação anual de um indicador da qualidade de operação desses locais, o Índice de Qualidade de aterros e Resíduos (IQR). Esse indicador varia de 0 a 10 e a sua conversão foi feita conforme apresentado na Tabela 12.

Tabela 12 - Relação entre o IQR do estado de SP e o *MCF*

IQR	MCF [Adimensional]
0,0 a 6,0	0,4
6,1 a 8,0	0,8
8,1 a 10,0	1,0
0,0 a 6,0 e Pop_{urb}>1milhão de habitantes	0,8

Dessa forma, no estado de SP, a partir de 1997, o MCF foi estimado a partir do Índice de Qualidade de aterros e Resíduos (IQR) conforme se observa na Tabela 12. Nos anos anteriores, o MCF nesse estado foi estimado igual ao IQR de 1997.

2.2.5.2 *Carbono Orgânico Degradável - DOC*(t)

Considerando que a composição do MSW pode variar em função de fatores econômicos, culturais e sociais, a variação dessa composição faz com que varie o *DOC* do resíduo. A observação de análises de composição de resíduos desde 1970 até 2010 permitiu representar essa variação por regressões lineares regionais ou estaduais, conforme a Equação 9, a seguir.

$DOC(t) = a.t + b$ **Equação 9 - *DOC*(t)**

onde:

a *Coeficiente angular*
b *Coeficiente linear*
t *tempo* *[ano]*

Mais de 100 análises de MSW de diferentes cidades entre 1970 e 2010 foram consideradas, determinando os coeficientes que descrevem a variação do *DOC*(t) de cada estado ou região conforme se apresenta na Tabela 13, a seguir.

Tabela 13 - Coeficientes para a estimativa do *DOC*(t)

Região	Estado	Coeficiente	
		angular (a)	linear (b)
NE		-0,00244391	5,03562584
CO		-0,00172315	3,61033161
N		-0,00244391	4,96084385
SE		-0,00159636	3,33517388
	MG	-0,00159636	3,33517388
	SP	-0,00199604	4,13078301
	RJ	-0,00289647	5,95999025
S		-0,00419093	8,52847581
	SC	-0,00235783	4,89901240

Esses dados aplicados na Equação 9, acima, permitiram estimar o *DOC*(t) de cada município a cada ano no período de 1970 a 2010.

2.2.5.3 *Fração do DOC dissimilado - DOCf*

O IPCC (2006) sugere o *default* 0,5, incluindo lignina, para os países em desenvolvimento e este foi adotado para todos os anos.

2.2.5.4 Fração de CH_4 no biogás - F

A fração de CH_4 no biogás é de 50%, podendo variar entre 40% e 60% (IPCC, 2000 e 2006). Esse estudo adotou a primeira quantidade.

2.2.6 CH_4 recuperado - *R*

O metano destruído pelos projetos MDL de aterro no Brasil foi contabilizado a partir dos relatórios de monitoramento e de verificação, disponíveis no site da UNFCCC-CDM, tendo sido descontado das emissões calculadas para o país, uma vez que é comprovadamente metano não emitido. Embora possa parecer que esse desconto seja feito aqui no Brasil e no país que eventualmente compre os créditos de carbono (uma dupla contagem), esses créditos não entram nos inventários dos países compradores, simplesmente são usados para a adequação às suas metas sob Protocolo de Quioto, ao final de seu período de compromisso. O procedimento de não contabilizar no inventário nacional as emissões que foram evitadas por projetos MDL é utilizado em todos os outros projetos brasileiros.

A Tabela 14 resume essas quantidades.

Tabela 14 – CH_4 recuperado - *R*

Estado	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	[GgCH$_4$]							
Rondônia								
Acre								
Amazonas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Roraima								
Pará	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	3,2	7,2	12,6
Amapá								
Tocantins								
Maranhão								
Piauí								
Ceará								
Rio Grande do Norte								
Paraíba	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,0	1,0
Pernambuco								
Alagoas								
Sergipe								
Bahia	0,0	13,6	26,0	30,8	25,1	27,6	25,1	0,0
Minas Gerais	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Espírito Santo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	2,6	3,3	3,1
Rio de Janeiro	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	3,9	4,0	4,9
São Paulo	1,0	30,3	35,4	41,8	93,6	146,8	170,9	167,3
Paraná								
Santa Catarina	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	7,9	7,4
Rio Grande do Sul	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	10,6	12,1
Mato Grosso do Sul								
Mato Grosso								
Goiás								
Distrito Federal								
Brasil	1,0	43,9	61,4	72,6	122,7	191,6	230,0	208,4

Fonte: SANTOS[5]

2.2.7 Fator de Oxidação - *OX*

O fator de oxidação representa a quantidade de CH_4 que sofre oxidação no solo ou material de cobertura. Sua reação ocorre devido à ação de micro-organismos, suas propriedades físicas e umidade (BOGNER AND MATTEWS *apud* IPCC, 2006).

Conforme IPCC (2000), os aterros sanitários tendem a possuir maior *OX* que locais não manejados. O *OX* igual a 0,1 corresponde a aterro sanitário (IPCC, 2006). A estimativa do *OX* foi feita em função da Pop_{urb} de cada município, de acordo com a Tabela 15, abaixo.

Tabela 15 - Fator de oxidação - *OX* de acordo com a população urbana.

Tipos de local	*População urbana - Pop_{urb}*	Fator de Oxidação - OX
Manejados não cobertos com material oxidante, não manejados e não categorizados	Menor que 1.000.000hab	0
Manejados, cobertos com material oxidante de CH_4	Maior que 1.000.000hab	0,1

Fonte: IPCC (2006)

[5] SANTOS, M. M. O., Comunicação pessoal recebida do supervisor especialista em análise de emissões de gases de efeito estufa do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, 2014.

2.3 Resultados

Na Tabela 16, são apresentadas as estimativas de emissões de CH_4 pela disposição de MSW no solo.

Tabela 16 - Emissões de CH_4 pelo aterramento de *MSW* de 1990 a 2010

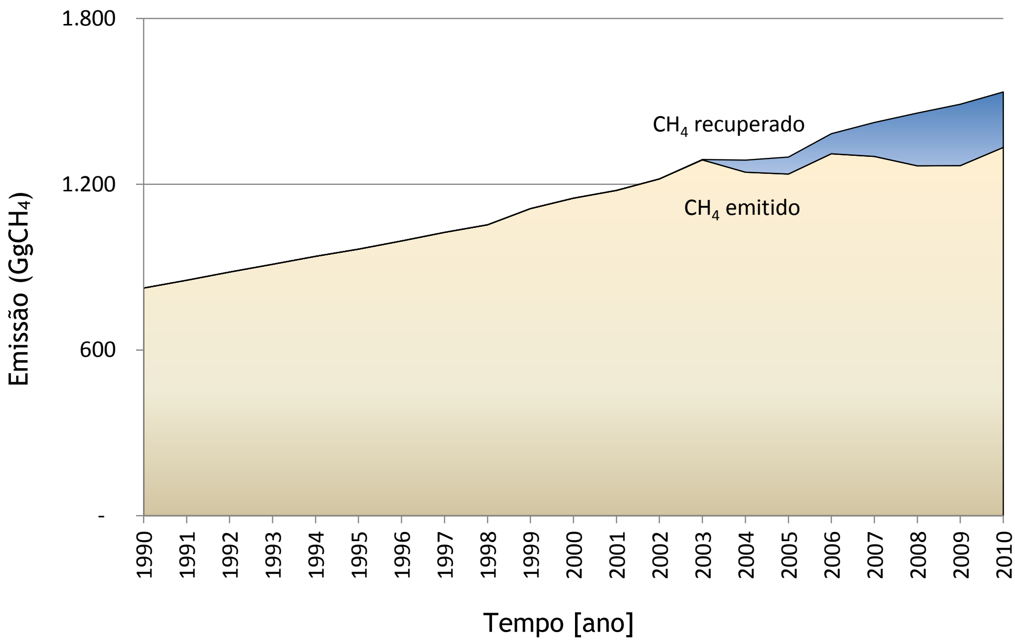
Ano	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg.ano^{-1}]									
Brasil	824	852	882	910	939	965	994	1.025	1.053	1.112
Paraná	40	42	43	45	47	48	50	51	53	53
R G. do Sul	44	46	47	49	50	52	53	54	56	57
Santa Catarina	16	17	18	18	19	20	21	22	23	24
Espírito Santo	11	11	12	12	13	13	14	14	15	16
Minas Gerais	75	78	80	83	86	89	92	95	98	100
Rio de Janeiro	172	175	178	181	184	186	188	191	193	197
São Paulo	181	186	191	196	201	205	209	213	217	251
D. Federal	25	26	28	29	31	32	34	36	37	39
Goiás	21	22	23	24	26	27	27	31	32	34
Mato Grosso	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12
M. G. do Sul	8	8	9	9	10	10	11	11	11	12
Acre	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Amapá	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3
Amazonas	13	12	16	17	18	19	20	21	22	23
Pará	19	20	21	22	23	23	28	29	31	32
Rondônia	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5
Roraima	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tocantins	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4
Alagoas	9	9	9	10	10	11	11	12	12	13
Bahia	53	56	58	61	63	66	68	71	73	75
Ceará	34	35	36	37	38	39	40	41	42	44
Maranhão	11	12	12	13	14	14	15	16	17	19
Paraíba	11	12	12	13	13	14	14	14	15	15
Pernambuco	41	42	43	44	46	47	48	49	50	51
Piauí	8	8	8	9	9	9	10	10	10	11
R. G. do Norte	12	12	12	12	11	11	12	12	12	12
Sergipe	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8

(continuação)

Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	[Gg.ano^{-1}]										
Brasil	1.149	1.177	1.220	1.288	1.243	1.237	1.310	1.301	1.267	1.267	1.333
Paraná	54	55	57	57	58	58	59	59	59	59	60
R G. do Sul	58	59	60	62	63	64	65	65	60	56	56
Santa Catarina	25	26	27	29	30	31	32	33	34	35	37
Espírito Santo	16	17	17	18	18	19	19	19	17	17	18
Minas Gerais	103	105	108	110	113	115	117	119	121	123	128
Rio de Janeiro	195	197	199	201	203	204	205	204	204	205	212
São Paulo	269	273	289	333	277	261	318	288	249	239	256
D. Federal	41	42	44	46	48	50	52	53	55	57	59
Goiás	35	37	38	40	41	42	44	45	46	48	50
Mato Grosso	12	13	14	14	14	15	15	16	17	17	18
M. G. do Sul	12	12	13	13	13	14	14	14	15	15	16
Acre	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3
Amapá	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4
Amazonas	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Pará	34	36	37	39	40	41	42	43	42	39	36
Rondônia	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	8
Roraima	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Tocantins	4	4	4	5	5	5	5	5	5	6	6
Alagoas	13	13	14	15	15	16	16	16	17	17	17
Bahia	77	79	81	83	73	63	60	67	66	70	94
Ceará	45	46	48	49	51	52	54	55	56	57	59
Maranhão	20	21	22	23	24	25	26	27	28	28	29
Paraíba	16	16	17	17	18	18	19	19	19	19	19
Pernambuco	52	53	54	55	56	57	58	59	60	60	62
Piauí	11	11	12	12	12	13	13	13	13	14	14
R. G. do Norte	13	14	16	18	19	21	22	23	24	25	26
Sergipe	9	9	9	9	10	10	10	10	10	11	11

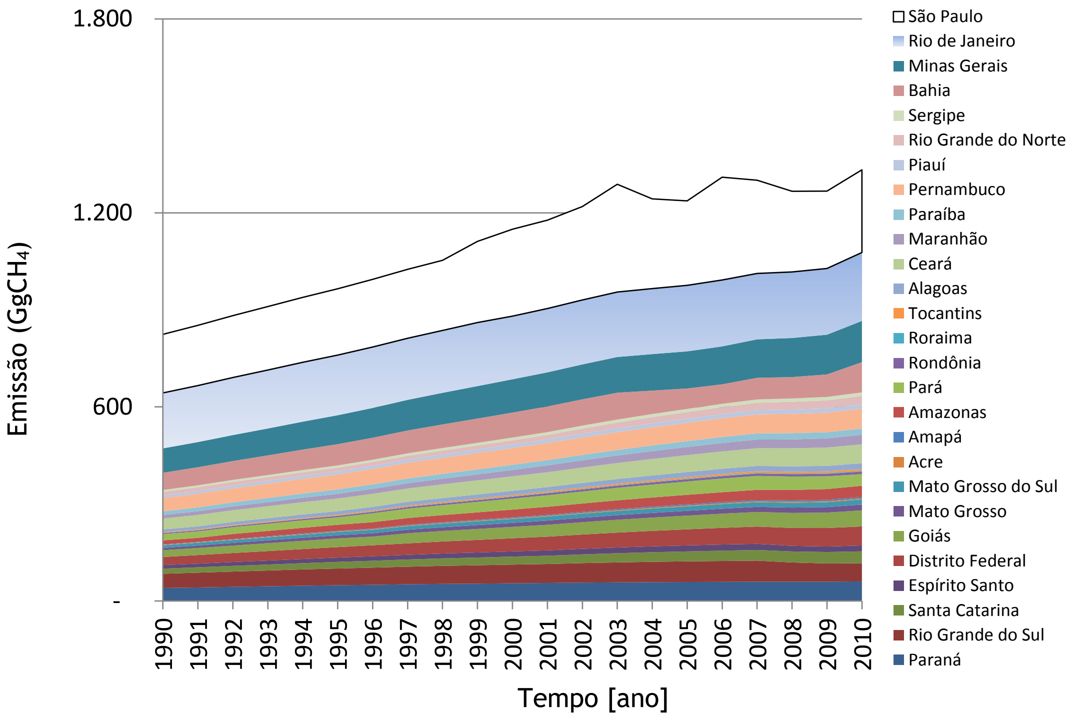
Na Figura 3, observa-se que as emissões nacionais de CH_4 pela disposição de MSW no solo aumentaram no período. As atividades devida aos projetos de MDL contribuiram para reduzir parte desse aumento.

Figura 3 – Emissão e recuperação de CH_4 pela disposição de MSW no solo



Como se observa na Figura 4, dentre os maiores emissores de CH_4 pela disposição de MSW no solo, destacam-se os estados mais populosos como São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Bahia. A partir de 1997, as emissões nacionais sofreram influência dos indicadores de MCF do estado de São Paulo. Medidas de melhoria na operação dos aterros sem a implantação de medidas de captura, destruição, recuperação ou uso energético do CH_4 levam ao aumento dessas emissões. As emissões nacionais seriam maiores sem as reduções dos projetos de MDL que foram, em 2010, de 208,4 $GgCH_4$.

Figura 4 – Emissão de CH_4 pelo aterramento de MSW por estado



3 Emissões de GEE pela incineração de resíduos sólidos

De acordo com o IPCC (2000), a incineração de resíduos sólidos pode emitir CO_2 e N_2O. Estes resíduos, segundo o IPCC, se dividem nos seguintes tipos: Resíduo sólido municipal (MSW), Resíduo sólido industrial perigoso (HW), Resíduo dos serviços de saúde (CW) e Lodo de esgoto (SS).

3.1 Método

Na Equação 10 abaixo, define-se o método de estimativa de emissões de CO_2 por incineração de resíduos sólidos.

$$EmissõesCO_2 = \sum_i (\mathrm{IW_i}\,.\,\mathrm{CCW_i}.\,\mathrm{FCF_i}.\,\mathrm{EF_i}.\frac{44}{12})$$

Equação 10 - Emissões de CO_2 pela incineração

onde:

$EmissõesCO_2$	*Emissões de CO_2*	*[$GgCO_2.ano^{-1}$]*
IW	*Resíduo incinerado por tipo i*	*[$Ggresíduo.ano^{-1}$]*
CCW	*Carbono contido no resíduo tipo i*	*[$GgC.Ggresíduo^{-1}$]*
FCF	*Fração de carbono fóssil no resíduo tipo i*	*[adimensional]*
EF	*Eficiência de queima dos incineradores*	*[adimensional]*
44/12	*Conversão de C para CO_2*	*[$GgCO_2.GgC^{-1}$]*

A estimativa das emissões de N_2O por incineração de resíduos sólidos é feita de acordo com a Equação 11.

$$EmissõesN_2O = \sum_i (IW_i.EF_i).10^{-6}$$

Equação 11 - Emissões de N_2O pela incineração

onde:

$EmissõesN_2O$	*Emissões de N_2O*	*[$GgN_2O.ano^{-1}$]*
IW_i	*Resíduo incinerado por tipo i*	*[$Ggresíduo.ano^{-1}$]*
EF_i	*Fator de emissão de N_2O do resíduo tipo i*	*[$kgN_2O.Ggresíduo^{-1}$]*
10^{-6}	*Fator de conversão de Gg para kg*	*[$10^{-6}Gg.kg^{-1}$]*
i	*HW ou CW*	

3.2 Dados

Foram consultados órgãos públicos, empresas de incineração, pesquisadores, publicações da estatística nacional e outras especializadas. Considerando-se a insuficiência dos dados do setor para esse estudo, parte deles é resultado de uma estimativa elaborada pelos autores a partir de quantidades incineradas ou de hipóteses de uso de incineradores existentes. Preliminarmente, concluiu-se que as quantidades de MSW e lodo de esgoto (SS) incinerados são irrelevantes quando comparadas às quantidades de HW e CW incinerados, dessa forma, não

foram estimadas as emissões devidas à sua incineração. Não tendo sido encontrados fatores de emissão de estudos locais, esses são do IPCC (2006).

3.2.1 Resíduos sólidos de serviço de saúde - *CW*

As quantidades incineradas no período de 1990 a 2010 foram definidas a partir de dados de capacidade instalada e hipóteses de taxa de uso de incineradores em operação além de dados de *CW* incinerados de fontes distintas como SNIS e ABRELPE. A Tabela 17 resume os dados de 2003, 2004, 2007, 2008, 2009 e 2010 obtidos na estatística nacional e os demais estimados pelos autores por diferentes critérios.

Tabela 17 – CW incinerado

ano	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	Gg									
CW	6,0	6,3	6,3	6,3	6,5	6,6	6,8	6,9	8,0	11,2

ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Gg										
CW	17,0	17,1	20,2	15,0	18,0	27,4	36,9	46,3	42,6	47,1	47,1

Fonte: SNIS (2006) e empresas particulares (2009); ABRELPE (2004, 2007, 2008, 2009, 2010)[6]

3.2.2 Resíduos sólidos industriais perigosos - *HW*

As quantidades incineradas no período de 1990 a 2010 foram definidas a partir de hipóteses de taxa de uso de incineradores em operação e de dados de fontes distintas como ABETRE e CETESB (2010). A Tabela 18 resume os dados da estatística nacional de 2005, 2006, 2009, 2010 e 2013 e os demais estimados pelos autores.

Tabela 18 – HW incinerado

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	Gg									
HW	8,42	15,75	29,96	33,93	36,57	43,89	43,89	44,12	47,34	47,81

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Gg										
HW	48,91	49,45	49,76	63,56	64,00	64,00	64,00	71,00	75,00	79,00	83,00

Fonte: CETESB (2010) e ABETRE (2006, 2009 e 2013)

[6] Nota: Os dados ABRELPE são de capacidade instalada. As quantidades incineradas são estimadas pelos autores a partir de dados de capacidade instalada. As capacidades instaladas em 2005 e 2006 foram estimadas pelos autores considerando o método IPCC.

3.2.3 Percentual de carbono de origem fóssil no *HW* e *CW* – *CCF.FCF*

Foram empregados os *default* do IPCC resumidos na Tabela 19.

Tabela 19 - *CCW* e *FCF*

Tipo de resíduo i	CW	HW
	(material seco)	(material úmido)
CCW [$g_C.g_{resíduo}^{-1}$] Faixa	60 50 a 70	50 1 a 95
FCF [%] Faixa	40 30 a 50	90 90 a 100

Fonte: Adaptado do IPCC (2000)

3.2.4 Eficiência de queima dos incineradores de resíduo tipo i - *EF*

Foram empregados os *default* do IPCC resumidos na Tabela 20.

Tabela 20 - *FE*

FE	CW	HW
	[%]	
Faixa FE	50 a 99,5 95	95 a 99,5 99,5

Fonte: Adaptado do IPCC (2000)

3.2.5 Fator de emissão de N_2O - *FEN_2O*

Foram empregados os *default* em base de massa úmida do IPCC resumidos na Tabela 21. Por não haver *default* para CW foi adotado o *FEN_2O* de MSW.

Tabela 21 - *FEN_2O*

Tipo de incinerador\tipo de resíduo	FEN_2O MSW	FEN_2O HW
	[$g.N_2O.t_{resíduo}^{-1}$]	
Incinerador do tipo batelada	60	n.d.
Todo tipo de incineração	n.d.	100

Fonte: Adaptado do IPCC (2006)
n.d. = não disponível

3.3 Resultados

As estimativas de emissões de CO_2 e N_2O por incineração de *CW* são apresentadas na Tabela 22:

Tabela 22 – Emissões de CO_2 e N_2O pela incineração de *CW*

CW	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[GgGEE.ano^{-1}]									
CO_2	5,01	5,29	5,29	5,29	5,48	5,55	5,70	5,77	6,68	9,38
N_2O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

CW	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	[GgGEE.ano^{-1}]										
CO_2	14,24	14,31	16,90	12,52	15,02	22,92	30,81	38,71	35,64	39,37	39,37
N_2O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

As emissões de N_2O pela incineração do *CW* são inferiores a 4t ou 0,004Gg.

As estimativas de emissões de CO_2 e N_2O por incineração de HW são apresentadas na Tabela 23:

Tabela 23 - Emissões de CO_2 e N_2O pela incineração de HW

HW	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[GgGEE.ano^{-1}]									
CO_2	13,83	25,85	49,18	55,70	60,63	72,06	72,06	72,44	77,73	78,49
N_2O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01

HW	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	[GgGEE.ano^{-1}]										
CO_2	80,29	81,18	81,69	104,35	105,07	105,07	105,07	116,56	123,13	128,88	135,44
N_2O	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

As emissões de N_2O pela incineração do *HW* são inferiores a 8t ou 0,008Gg.

4 Emissões de CH_4 pelo tratamento e disposição de efluentes domésticos

4.1 Método

O método utilizado para elaboração das estimativas das emissões de GEE provenientes da disposição e tratamento de efluentes é o *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 2000) e o *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 1996). Os fatores de emissão são obtidos na literatura e no *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 2006).

Este estudo inclui a estimativa de emissões de CH_4 que ocorrem nas estações de tratamento de efluentes (ETE) com processos anaeróbios em reatores, lagoas e fossa séptica condominial, em ETE com processos aeróbios que incluem a digestão anaeróbia de lodo, os tratamentos alternativos em fossas sépticas e valas para o esgoto sem rede coletora e, por fim, os lançamentos em corpos d'agua.

O esgoto é oriundo dos dejetos humanos lançados na água utilizada para seu carreamento. Uma parcela dos domicílios brasileiros não dispõe de sanitários. A fração de dejetos desses domicílios não é contabilizada no estudo.

A estimativa de emissão de CH_4 por tratamento anaeróbio de efluentes domésticos é definida de acordo com a seguinte fórmula:

$$Emissões\ CH_4 = \left(Pop\ .D_{dom}.\ B_{0.}\ \sum_x (WS_{i,x}\ .MCF_x) \right) - R$$

Equação 12 - Emissões de CH_4 pelo tratamento e disposição de efluentes domésticos

onde:

Emissões CH_4	*Quantidade de CH_4 gerada ao ano*	*[$kgCH_4.ano^{-1}$]*
Pop	*População*	*[1.000hab]*
D_{dom}	*Componente orgânico degradável do esgoto*	*[$kgDBO.(1.000hab.ano)^{-1}$]*
B_0	*Capacidade máxima de produção de CH_4*	*[$kgCH_4.kgDBO^{-1}$]*
$WS_{i,x}$	*Fração de esgoto do tipo "i" tratada usando o sistema "x"*	*[adimensional]*
MCF_x	*Fator de conversão de CH_4 do sistema "x"*	*[adimensional]*
$\sum(WS_{i,x}.MCF_x)$	*MCF ponderado*	*[adimendional]*
R	*CH_4 recuperado ao ano*	*[$kgCH_4.ano^{-1}$]*

4.2 Dados

A estimativa das emissões de CH_4 é feita, como recomenda o IPCC (2000). Indiretamente, a partir de dados de população, de geração de carga orgânica por habitante ao dia e a correspondente fração desse esgoto que é degradada anaerobiamente. A seguir, são detalhados os dados empregados nessa estimativa.

4.2.1 População - Pop

A partir dos dados dos Censos demográficos (IBGE 1991, 2000 e 2010) e das Contagens (IBGE 1996 e 2007) reproduzidos na Tabela 24, foram estimadas as populações dos anos intermediários do período de 1990 a 2010. A população do ano de 1990 foi extrapolada dos dados de 1991 e 1996.

Tabela 24 - População residente do Brasil nos anos de 1991, 1996, 2000, 2007 e 2010

Ano	1991	1996	2000	2007	2010
			[habitantes]		
Brasil	146.825.475	157.070.163	169.799.170	183.987.291	190.755.799

Fonte: (IBGE 1991[7], 1996[8], 2000[9], 2007[10] e 2010[11])

A população considerada nesse estudo, apresentada na Figura 5, é aquela que gera esgoto, pois o esgoto doméstico é gerado pelo emprego da água para o carreamento dos detritos domésticos. A população que gera esgoto pode ser estimada pelo produto entre a população residente total do Brasil, apresentada acima, e a fração dos domicílios com escoadouro, apresentada na Tabela 25, abaixo. Essa fração é obtida da relação dos domicílios totais e domicílios que não tinham escoadouro (IBGE 1991, 2000 e 2010).

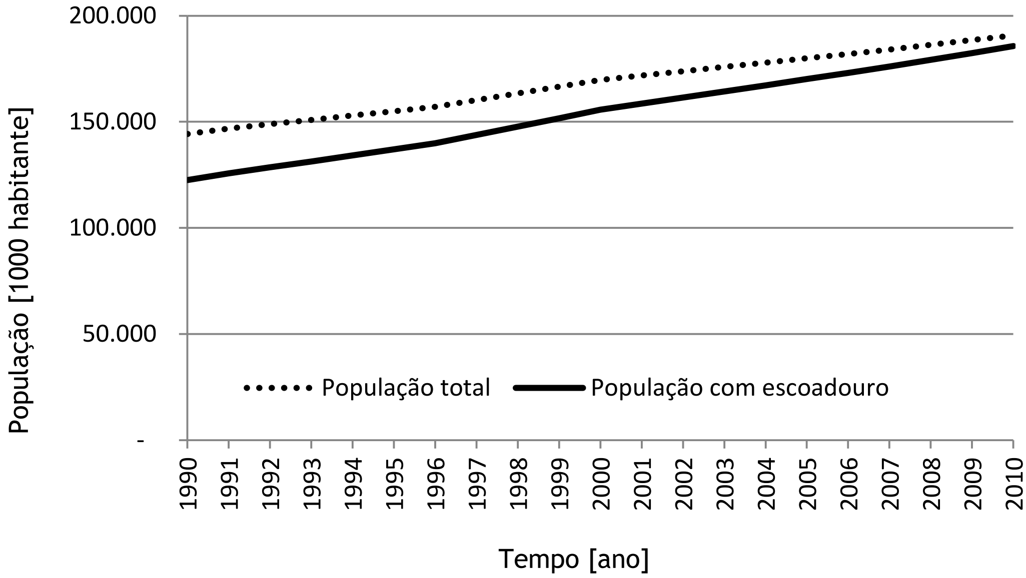
Tabela 25 - Fração da população com escoadouro

Ano	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Fração	0,85	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,89	0,90	0,90	0,91

Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Fração	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,95	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97

[7] http://bit.ly/Q7779w
[8] http://bit.ly/1oTIetT
[9] http://bit.ly/1hf7BjQ
[10] http://bit.ly/1di2VOd
[11] http://bit.ly/1kXp04F

Figura 5 - População total e população com escoadouro do Brasil



4.2.2 Geração de carga orgânica por habitante – D_{dom}

A quantidade de carga orgânica gerada por habitante é expressa em demanda bioquímica de oxigênio por habitante por dia ($gDBO.hab^{-1}.dia^{-1}$). A DBO refere-se à quantidade de oxigênio necessária durante um determinado período de tempo (5 dias) em uma temperatura de incubação especifica (20°C), para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável (CETESB [S.d]).

A D_{dom} varia entre 45 e 60 $gDBO.hab^{-1}.dia^{-1}$ (ABNT, 2011). Este estudo utilizou a carga orgânica diária por habitante de 54g $DBO.hab^{-1}.dia^{-1}$ (ABNT, 1992).

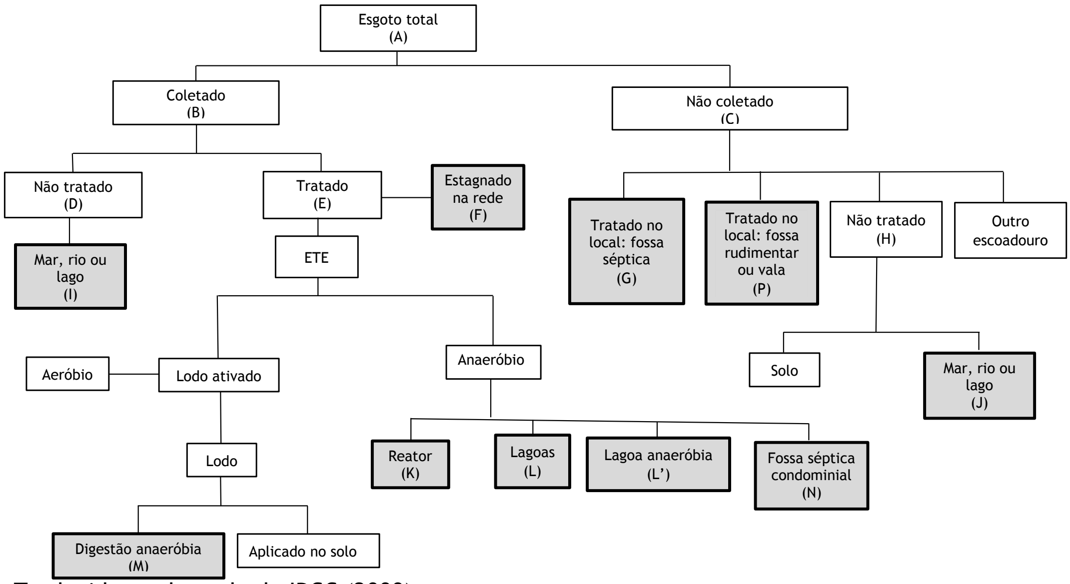
4.2.3 Capacidade máxima de produção de CH_4 – B_0

Utilizou-se o *default* 0,60 $kgCH_4.kgDBO^{-1}$ (IPCC, 2006).

4.2.4 Fração de água residuária do tipo i tratada usando sistema x - *WSi,x*

O $WS_{i,x}$ corresponde a fração de água residuária do tipo i tratada pelo sistema x em relação ao esgoto total. Para caracterização dos sistemas de tratamento de esgoto do país e obtenção do $WS_{i,x}$ o IPCC (2000) sugere o emprego do diagrama abaixo:

Figura 6 - Fluxos de esgoto, sistemas de tratamento e potenciais emissões de CH_4



Fonte: Traduzido e adaptado do IPCC (2000)

O levantamento das frações tratadas dos esgotos domésticos se divide em dois, um sobre o esgoto não coletado, elaborado com dados dos Censos e outro sobre o esgoto coletado utilizando dados das PNSB.

A PNSB reporta que o volume de esgoto coletado em 2000 era $14,6.10^6$ $m^3.dia^{-1}$ e que esse volume foi reduzido, em 2008, para $12,3.10^6$ $m^3.dia^{-1}$, enquanto que o volume tratado passou de $5,1.10^6$ $m^3.dia^{-1}$ para $8,5.10^6$ $m^3.dia^{-1}$. Considerando o crescimento populacional, a redução do volume coletado nesses 8 anos é questionável. Da mesma forma, é duvidosa a ampliação do volume tratado frente a essa suposta redução na coleta. Tal inconsistência prejudica o emprego dos dados de fração tratada dos esgotos domésticos de 2008. Mesmo assim, essas foram as fontes empregadas por serem as melhores disponíveis. Além disso, a inexistência de dados de volume coletado e fração tratada para os estados em 2008 impossibilitou a estimativa do $WS_{i,x}$ para os estados.

4.2.5 Efluente não coletado

Para a estimativa das $WS_{i,x}$ utilizaram-se os dados dos Censos (IBGE 1991, 2000 e 2010). Assim são definidas as frações de esgoto coletado e não coletado dos anos de 1991, 2000 e 2010, sendo os anos intermediários, interpolações e o ano de 1990 uma extrapolação dos dados de 1991 e 2000. As Tabela 26 e Tabela 27 resumem esses dados.

Tabela 26 - Domicílios particulares permanentes por instalação sanitária, condição de ocupação e situação em 1991

Instalação sanitária	Brasil
Só do domicílio	28.058.368
Só do domicílio com rede geral	11.654.133
Só do domicílio com fossa séptica	5.641.251
Só do domicílio com fossa séptica ligada à rede pluvial	2.807.615
Só do domicílio com fossa séptica sem escoadouro	2.833.636
Só do domicílio com fossa rudimentar	8.470.956
Só do domicílio com vala negra	1.062.691
Só do domicílio com outro tipo de escoadouro	1.168.578
Só do domicílio mas não sabe o tipo de escoadouro	60.759
Comum a mais de um domicílio	1.701.470
Comum a mais de um domicílio com rede geral	580.290
Comum a mais de um com fossa séptica	362.607
Comum a mais de um domicílio com fossa séptica ligada à rede pluvial	197.091
Comum a mais de um domicílio com fossa séptica sem escoadouro	165.516
Comum a mais de um domicílio com fossa rudimentar	594.032
Comum a mais de um domicílio com vala negra	102.914
Comum a mais de um domicílio com outro tipo de escoadouro	56.875
Comum a mais de um domicílio mas não sabe o tipo de escoadouro	4.752
Não tem instalação sanitária	4.983.588
Total	34.743.426

Fonte: IBGE (1991)

Tabela 27 - Domicílios particulares permanentes por situação, tipo do domicílio e tipo de esgotamento sanitário em 2000 e 2010

Tipo de esgotamento sanitário	2.000	2010
Rede geral de esgoto ou pluvial	21.160.735	31.786.866
Fossa séptica	6.699.715	6.653.417
Fossa rudimentar	10.594.752	14.020.630
Vala	1.154.910	1.397.566
Rio, lago ou mar	1.110.021	1.192.841
Outro escoadouro	369.660	757.855
Não tinham banheiro ou sanitário	3.705.308	1.514.992
Total	44.795.101	57.324.167

Fonte: IBGE (2000 e 2010)

4.2.6 Efluente coletado

A estimativa das frações de efluente coletado e enviadas para as estações de tratamento de esgoto doméstico empregou dados da PNSB (IBGE 1989, 2000a e 2008) apresentados na Tabela 28.

Tabela 28 - Volume de esgoto coletado e tratado no Brasil ao dia

	1989	1991	2000	2008	2010
Fração coletada	n.d.	0,400	0,515	n.d.	0,570
Volume coletado ($m^3.dia^{-1}$)	10.667.823	n.d.	14.570.079	12.304.128[12]	n.d
Volume tratado ($m^3.dia^{-1}$)	2.124.925	n.d.	5.137.171	8.460.590	n.d
Fração tratada do volume coletado	0,199	n.d.	0,353	0,688	n.d

Fonte: IBGE (1989, 1991, 2000, 2000a, 2008 e 2010)

Nas PNSB de 1989 e 2008 as ETE são apresentadas de acordo com a tecnologia aplicada por municípios e na de 2000, por distritos.

Os dados empregados para a estimativa das frações de esgoto coletado e tratado pelas diferentes tecnologias são apresentados nas Tabela 29 (IBGE 1989, 2000a e 2008), abaixo.

Tabela 29 - Tratamento de esgoto por tipo de sistema em 1989, 2000 e 2008

	1989	2000	2008
	[municípios]	[distritos]	[municípios]
Total	4425	9848	5564
Total com tratamento	345	1383	1513
Tipo de tratamento			
ETE	51	n.d	n.d
Unidade de tratamento preliminar	17	n.d	n.d
Unidade de tratamento primário	25	n.d	n.d
Lagoa de estabilização	205	n.d	n.d
Lagoa aerada	16	61	93
Filtro biológico	n.d	331	317
Lodo ativado	n.d	227	188
Reator anaeróbio	n.d	297	565
Valo de oxidação	18	28	27
Lagoa anaeróbia	n.d	312	431
Lagoa aeróbia	n.d	136	131
Lagoa facultativa	n.d	375	672
Lagoa mista	n.d	46	65
Lagoa de maturação	n.d	75	238
Wetland/aplicação no solo, plantas aquáticas	n.d	n.d	20
Fossa séptica de sistema condominial	n.d	171	109
Outro	76	20	129
Sem declaração	n.d	22	n.d

Fonte: IBGE (1989, 2000a, 2008)

A Tabela 30, a seguir, resume as frações de efluente tratado dos anos de 1989, 2000 e 2008 estimadas com os dados da Tabela 29. As frações dos anos intermediários são definidas por interpolação e as frações de 2009 e 2010 são extrapolação dos dados de 2000 e 2008.

[12] A redução de 14,5 10^6 em 2000 para 12,3 10^6 $m^3.dia^{-1}$ em 2008 é questionável.

Tabela 30 – Fração de efluente *i* tratado empregando a tecnologia *x* - $WS_{i,x}$

Tipos de tratamento	1989	2000	2008
		[adimensional]	
ETE	0,125	n.d	n.d
Unidade de tratamento preliminar	0,041	n.d	n.d
Unidade de tratamento primário	0,061	n.d	n.d
Lagoa de estabilização	0,502	n.d	n.d
Valo de oxidação	0,044	0,013	0,009
Outro	n.d	n.d	n.d
Filtro biológico	n.d	0,158	0,106
Lodo ativado	n.d	0,108	0,063
Reator anaeróbio	n.d	0,141	0,189
Lagoa anaeróbia	n.d	0,149	0,144
Lagoa aeróbia	n.d	0,065	0,044
Lagoa aerada	0,039	0,029	0,031
Lagoa facultativa	n.d	0,179	0,225
Lagoa mista	n.d	0,022	0,022
Lagoa de maturação	n.d	0,036	0,080
Wetland / aplicação no solo	n.d	0,000	0,007
Fossa séptica de sistema condominial	n.d	0,081	0,037
Outro	0,186	0,010	0,043

4.2.7 Fator de conversão de CH_4 – MCF

Para os fatores de conversão de CH_4 de cada um dos sistemas de tratamento, utilizou-se os *default* dos *Guidelines* 2006, reproduzidos na Tabela 31 a seguir:

Tabela 31 - Fatores de conversão de CH_4 - *MCF*

Tipo de tratamento e destino do efluente ou sistema alternativo	
Sistema sem rede coletora	MCF
Fossas sépticas e sumidouros	0,5
Fossa secas	0,1
Vala aberta	0,1
Lançamento em cursos d´água sem coleta	0,1
Sistema com rede coletora	
Lodo ativado/digestor anaeróbio	0,8
Fossa séptica	0,5
Reator anaeróbio	0,8
Lagoa anaeróbia	0,8
Lagoa facultativa	0,2
Lagoa mista	0,2
Lagoa de maturação	0,2
Fossa séptica condominial	0,5
Lançamento em cursos d´água com coleta	0,1

Fonte: IPCC (2006) e julgamento de especialistas para as lagoas: mista e de maturação.

4.2.8 Fator de conversão de CH_4 ponderado - *MCFiponderado*

O produto entre $WS_{i,x}$ e MCF_x é o MCF_iponderado.

4.2.9 CH_4 recuperado – *R*

Reatores e digestores anaeróbios de sistemas de lodos ativados contém, invariavelmente, queimadores. Essa é a prática verificada no Brasil. O CH_4 emitido por esses sistemas é parcialmente destruído pelos seus queimadores. De acordo com inventários corporativos de emissões de GEE do setor, a eficiência de destruição do CH_4 é de aproximadamente 50%. A partir de 2002, soma-se a essa consideração a prática verificada nas cervejarias. Nas ETE dessas fábricas, o CH_4 é recuperado e usado nas caldeiras em substituição a combustíveis fósseis. A estimativa do *R* é feita com essas considerações e apresentada na Tabela 32, a seguir.

Tabela 32 –CH_4 recuperado - *R*

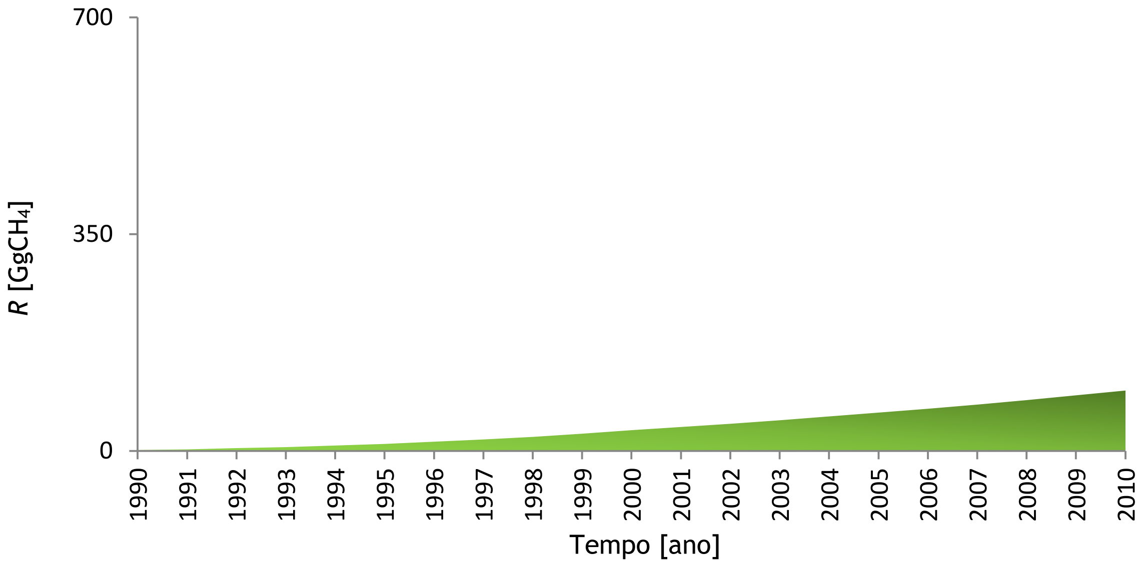
Ano	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
[GgCH4/ano]										
Reator anaeróbio	0,63	1,43	2,39	3,53	4,89	6,46	8,28	10,44	12,91	15,72
Digestor anaeróbio	0,49	1,09	1,82	2,70	3,73	4,94	6,33	7,98	9,87	12,02
Total	1,12	2,52	4,21	6,24	8,62	11,40	14,61	18,41	22,77	27,74

Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
[GgCH4/ano]											
Reator anaeróbio	18,91	22,69	26,87	31,47	36,51	42,01	48,01	54,52	61,64	69,36	77,68
Digestor anaeróbio	14,45	15,77	16,96	18,00	18,88	19,59	20,10	20,41	20,51	20,37	19,96
Total	33,37	38,46	43,83	49,47	55,39	61,60	68,11	74,92	82,16	89,72	97,64

Mesmo com o aumento na recuperação de CH_4 nesse setor, em função da exigência de adicionalidade[13], nenhum projeto de MDL foi apresentado para obtenção de créditos de carbono. A Figura 7 ilustra a variação dessa grandeza.

[13] A adicionalidade é definida para os projetos de MDL do Brasil da seguinte forma: "*A atividade de projeto MDL é adicional se reduzir as emissões antrópicas de GEE por fontes para níveis inferiores aos que teriam ocorrido na ausência da atividade de projeto do MDL registrada*" (Brasil, 2003).

Figura 7 - CH_4 recuperado - *R*



4.3 Resultados

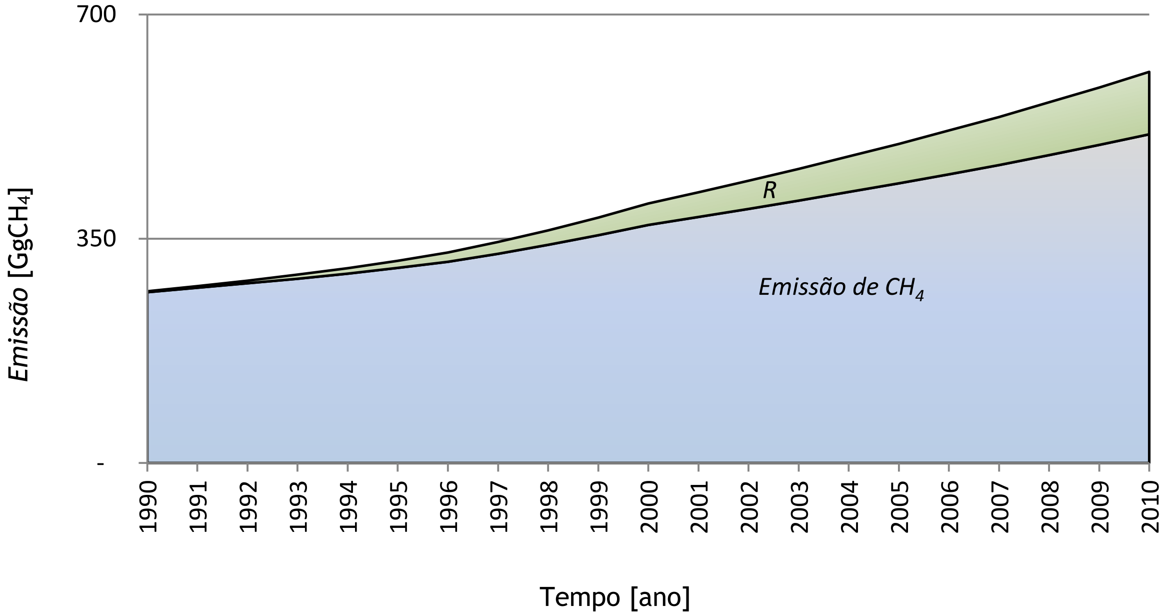
A seguir, são apresentados os resultados das estimativas de emissões de CH_4 pelo tratamento e disposição de esgoto doméstico:

Tabela 33 - Emissões de CH_4 pelo tratamento e disposição de esgoto doméstico no Brasil, de 1990 a 2010

Ano	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[$GgCH_4$]									
Emissão	267	274	280	288	296	304	314	327	340	355

Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	[$GgCH_4$]										
Emissão	372	384	397	410	423	437	451	465	481	496	513

Figura 8 - Emissão de CH_4 pelo tratamento e disposição de efluente doméstico e *R*



Os dados sobre as frações tratadas anaerobiamente são encontrados em duas publicações distintas: (1) no Censo e (2) na PNSB. O conteúdo da PNSB trata do universo dos dados. Portanto, essa incerteza é nula. Por outro lado, ao tratar unitariamente as ETE, sem levar em conta a sua dimensão para estimar as frações coletadas e tratadas ou coletadas e não tratadas introduz-se um erro de 30%.

5 Emissões de CH_4 pelo tratamento e disposição de efluentes industriais

5.1 Método

A **Equação 13**, abaixo, é uma adaptação feita pelos autores, a partir das orientações do IPCC (2000) da fórmula de estimativa de emissão de CH_4 pelo tratamento e disposição de efluentes domésticos.

Equação 13 - Emissões de CH_4 pelo tratamento de efluentes industriais

$$EmissõesCH_4 = \left(P_i . D_{ind} . B_{0_i} . \sum WS_{i,x} . MCF_x\right) - R$$

onde:

$EmissõesCH_4$	*Quantidade de CH_4 gerada ao ano*	*[$kgCH_4.ano^{-1}$]*
P_i	*Produção industrial*	*[$tproduto.ano^{-1}$]*
D_{ind}	*Emissão de carga orgânica*	*[$kgDBO.(tproduto)^{-1}$]*
B_0	*Capacidade máxima de produção de CH_4 para efluentes industriais*	*[$kgCH_4.kgDBO^{-1}$] ou [$kgCH_4.kgDQO^{-1}$]*
$WS_{i,x}$	*Fração de efluente do tipo "i" tratada usando o sistema "x"*	*[adimensional]*
MCF_x	*Fator de conversão de CH_4 do sistema "x"*	*[adimensional]*
$\sum(WS_{i,x}.MCF_x)$	*MCF ponderado*	*[adimendional]*
R	*CH_4 recuperado ao ano*	*[$kgCH_4.ano^{-1}$]*

5.2 Dados

Para a classificação das indústrias que produzem grande volume de efluente com carga orgânica no Brasil, utilizou-se a classificação feita no Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa - Relatórios de Referência, 2010 (BRASIL, 2010) e reproduzida na Tabela 34. Este estudo vem sendo aperfeiçoado desde o Primeiro Inventário que exigiu um levantamento de uma amostra dos principais setores produtivos e seus respectivos D_{ind}. No Primeiro e no Segundo inventários foram estimadas curvas ABC que identificam as principais indústrias geradoras de carga orgânica e potencialmente emissoras de GEE.

A cada inventário selecionam-se setores produtivos em maior número do que os 3 ou 4 indicados pelo método do IPCC (2000). Isto porque alguns dos potenciais setores emissores selecionados podem mudar de posição no "ranking" dos maiores emissores de carga orgânica. Comparando-se com os dados nacionais de 2005, nos quatro principais setores seriam incluídos entre 94% e 95% da carga orgânica gerada no país.

Seguindo o padrão dos inventários anteriores, foram selecionados inicialmente dez, e concluindo-se a estimativa com 9 setores produtivos[14], o que significa mais de 97% da carga orgânica gerada no país. As emissões devidas ao consumo de algodão foram descartadas devido às incertezas quanto ao destino. O seu uso pode ser tanto na indústria alimentícia quanto na indústria têxtil. As diferenças nos processos produtivos e as dificuldades de definição desses destinos fazem com que esse levantamento se torne pouco confiável.

O aperfeiçoamento do levantamento de dados para a estimativa das emissões de efluentes industriais não se restringe aos *Pi*, inclui também pesquisa para atualização e revisão dos D_{ind}, como pode ser verificado na Tabela 36. Inclui-se na Tabela 38, a pesquisa do dado mais escasso, não disponível nas publicações oficiais, que exige a busca entre especialistas que é o tratamento do efluente de cada setor industrial. Com estes dados estimam-se as emissões de cada setor.

[14] No Brasil, grande parte da produção de papel ocorre em uma mesma planta industrial onde ocorre a produção de celulose. Assim, a geração de carga orgânica desses setores considera apenas a produção de celulose. A contabilização da produção de papel implicaria em uma dupla contagem.

Tabela 34 - Emissões de DBO dos setores industriais mais representativos para o ano de 2005

Setores	P_i (2005)	D_{ind}	*TOW*	Representatividade de acordo com a carga orgânica	Curva ABC
	a	*b*	*c = a.b*	*d = c/soma total de c*	*e = acumulada de d*
	[t/ano]	*[kgDBO/t]*	*[kgDBO/ano]*	[%]	[%]
Açúcar	25.905.723	200,0	5.181.144.600	55,54	55,54
Álcool	12.588.557	220,0	2.769.482.540	29,69	85,23
Cervejas	9.214.807	62,1	572.239.515	6,13	91,36
Leite cru	24.915.456	11,0	274.070.016	2,94	94,30
Algodão	1.037.856	155,0	160.867.680	1,72	96,03
Papel	8.597.307	8,0	68.778.456	0,74	96,76
Suínos	2.156.518	30,0	64.695.540	0,69	97,46
Leite pasteurizado	5.189.665	11,0	57.086.315	0,61	98,07
Aves	7.865.780	7,0	55.060.460	0,59	98,66
Bovinos	6.345.811	7,0	44.420.677	0,48	99,13
Leite em pó	526.375	41,0	21.581.375	0,23	99,37
Celulose	10.352.113	2,0	20.704.226	0,22	99,59
Petróleo/Refinaria petroquímica	98.630.518	0,2	19.726.104	0,21	99,80
PVC	911.084	10,0	9.110.840	0,10	99,90
Ácido acético	53.635	63,0	3.378.987	0,04	99,93
Manteiga	79.812	29,4	2.346.473	0,03	99,96
Leite condensado	287.747	5,6	1.611.383	0,02	99,98
Peixe em conservas	123.765	7,9	977.744	0,01	99,99
Estireno monômero	518.827	1,0	518.827	0,01	99,99
Amônia	924.720	0,2	184.944	0,00	99,99
Queijos	5.587	28,8	160.923	0,00	100,00
Ácido nítrico 99%	549.103	0,25	137.276	0,00	100,00
Metanol	236.817	0,49	116.040	0,00	100,00
Benzeno, tolueno e xileno	915.899	0,1	91.590	0,00	100,00
Formaldeído	221.871	0,35	77.655	0,00	100,00
Acetato de vinila	58.412	0,35	20.444	0,00	100,00
Acetona	1.752	0,35	613	0,00	100,00

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2010

5.2.1 Produção industrial - Pi

A partir da observação dos setores mais importantes em 2005 e do julgamento de especialistas, foram levantados os dados de produção do período entre 1990 e 2010 para 9 setores. A seguir, são apresentados os dados de *Pi* dessas atividades.

Tabela 35 - Produção industrial das principais atividades geradoras de carga orgânica do Brasil de 1990 a 2010 - *Pi*

Indústria	Referência	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
		[1000t/ano]									
açúcar	UNICA, 2014	7.214	7.365	8.530	9.264	9.162	12.652	13.513	14.828	14.887	18.024
leite cru	ABIA, 2014	14.947	15.562	16.289	16.509	16.987	18.690	19.943	21.004	21.506	22.087
álcool	UNICA, 201	9.647	9.319	10.295	9.492	9.138	10.319	10.205	11.649	12.475	11.230
celulose	IBA, 2014	4.351	4.778	5.302	5.471	5.829	5.936	6.201	6.331	6.687	7.209
cerveja	ABIA, 2014	3.813	3.947	4.082	4.216	4.350	8.175	8.084	8.228	8.668	8.665
abate de aves	IBGE, 2014	1.605	1.801	1.911	2.074	2.196	2.318	2.439	2.561	2.683	2.993
abate de bovinos	IBGE, 2014	2.836	2.921	3.062	3.124	2.829	2.534	2.239	1.944	1.649	1.782
abate de suínos	IBGE, 2014	730	812	893	885	855	825	794	764	734	1.200
leite pasteurizado	ABLV, 2014	4.184	3.867	3.445	2.793	2.977	3.251	2.926	2.343	2.043	1.754

Indústria	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	[1000t/ano]										
açúcar	19.388	16.198	19.218	22.567	24.919	26.685	25.823	29.988	31.026	31.049	32.956
leite cru	22.719	23.446	23.542	23.377	24.254	25.449	27.027	27.897	28.578	29.607	31.129
álcool	10.507	8.571	9.336	10.215	11.925	12.453	12.803	14.440	18.230	22.275	20.790
celulose	7.463	7.412	8.021	9.069	9.620	10.352	11.180	11.998	12.697	13.315	14.164
cerveja	9.178	9.297	9.095	8.603	9.456	10.035	10.791	11.683	12.409	12.695	13.168
abate de aves	3.317	4.216	4.518	4.822	5.102	6.412	6.561	7.734	7.960	8.223	8.609
abate de bovinos	2.164	3.178	4.252	4.812	6.871	6.145	6.448	6.614	6.767	6.526	7.446
abate de suínos	673	1.223	1.088	1.436	1.794	2.887	3.096	3.489	3.822	4.052	4.076
leite pasteurizado	1.682	1.486	1.527	1.589	1.641	1.600	1.662	1.765	1.852	1.847	1.744

5.2.2 Fator de emissão de carga orgânica por unidade produzida - D_{ind}

Dados de geração de carga orgânica por unidade produzida são escassos. Essa grandeza varia significativamente nos diferentes estágios de manufatura de um mesmo produto. Essa variação também ocorre em função das diferenças nos processos e nas matérias primas empregadas. Por essa razão, seguindo o método do IPCC (2000) um painel de especialistas definiu o D_{ind} mais adequado para ser aplicado neste inventário e esses estão identificados na Tabela 36 a seguir.

Tabela 36 - Fator de emissão de carga orgânica por unidade produzida - D_{ind}

Indústria	Vazão	Concentração		Fator de emissão		Fonte
	$\frac{m^3}{t}$	$\frac{kgDBO}{m^3}$	$\frac{kgDQO}{m^3}$	$\frac{kgDBO}{t}$	$\frac{kgQO}{t}$	
Abate de aves				5,85		SALVADOR, 1991
Açúcar	1,96	0,51	ND	0,9996	ND	CDM SMITH, COBRAPE e CETESB, no prelo
	11	ND	3,2	ND	35,2	IPCC, 2000
	ND	ND	ND	200	ND	SALVADOR, 1991
	ND	ND	ND	ND	98	IPCC, 1996
	1,96	ND	1,1	ND	2,14	CDM SMITH, COBRAPE e CETESB, no prelo
	11	ND	ND	ND	ND	IPCC, 2000
Álcool	10,5	ND	129	1.356	ND	CDM SMITH, COBRAPE e CETESB, no prelo
	24	ND	11	ND	264	IPCC,2000
	ND	ND	ND	220	ND	SALVADOR,1991
	10,5	ND	328	ND	3.444	CDM SMITH, COBRAPE e CETESB, no prelo
Cerveja	2,22	0,41	ND	0,91	ND	CDM SMITH, COBRAPE e CETESB, no prelo
	ND	ND	ND	62,1	ND	SALVADOR, 1991
	2,22	ND	0,94	ND	2,09	CDM SMITH, COBRAPE e CETESB, no prelo
	5	ND	17	ND	85,00	IPCC,1996
	7	ND	4,5	ND	31,50	IPCC,1996
	6,3	1,5		9,45	ND	IPCC 2000
	6,3		2,9	ND	18,3	IPCC 2000 e IPCC 2006
Papel	17,5	10	20	171	342	CDM SMITH, COBRAPE e CETESB, no prelo
Celulose	37,4	25,9	63,8	968,7	2.386	CDM SMITH, COBRAPE e CETESB, no prelo
Papel e celulose	162	ND	9	ND	1.458	IPCC 2000 e IPCC 2006
	ND	ND	ND	62,5	ND	Salvador, 1991
	58	ND	8,5	ND	493	IPCC, 1996
	97	ND	1,6	ND	155	IPCC, 1996
	162	0,4	ND	64,8	ND	IPCC, 2000
Leite cru	ND	ND	ND	11	ND	SALVADOR, 1991
	3	4	ND	12	ND	European Commission Integrated Pollution Prevention and Control, 2006 apud BRASIL, 2006
	7	2,4	ND	16,8	ND	IPCC, 2000
	7	ND	2,7	ND	19	IPCC 2000 e 2006
	2,8	ND	NAV	ND	ND	IPCC, 1996
	NAV	ND	1,5	ND	ND	IPCC, 1996
Leite pasteurizado	ND	ND	ND	11	ND	Larrondo, 1979 apud BRASIL, 2006
	7	2,4	ND	16,8	ND	IPCC, 2000
	7	ND	2,7	ND	19	IPCC 2000 e 2006
	2,8	ND	NAV	ND	ND	IPCC, 1996
	NAV	ND	1,5	ND	ND	IPCC, 1996
Abate de suíno	ND	ND	ND	ND	ND	IPCC, 1996
	ND	ND	ND	30	ND	SALVADOR, 1991
	13	ND	2,5	32,5	ND	IPCC, 2000
	13	ND	4,1	ND	53,30	IPCC 2000 e 2006
	ND	ND	ND	0,94	ND	BRASIL, 2006
	ND	ND	ND	0,69	ND	BRASIL, 2006
	ND	ND	ND	0,5 a 2,0	ND	UNEP, DEPA e COWI 2000 apud BRASIL, 2006
Abate de bovino	13	2,5	4,1	32,5	53,3	IPCC, 2000
				29,4		SALVADOR, 1991
				7,0		DERÍSIO, 2000

Legenda:
☐ Dado empregado

O produto entre P_i e D_{ind} define a carga orgânica gerada pelos efluentes industriais e consequentemente, os setores com maior potencial de geração de CH_4, conforme se observa na Tabela 37

Tabela 37 Emissões de DBO dos setores industriais mais representativos para o ano de 2010

Setores	*P(2010)*	D_{ind}	$P.D_{ind}$
	t/ano	kgDBO/t	kgDBO/ano
Açúcar	32.956.359	200	6.591.271.800
Leite cru	31.128.772	17	522.963.374
Álcool	20.790.375	220	4.573.882.586
Celulose	14.164.000	65	917.827.200
Cerveja	13.168.449	9	124.441.842
Abate de aves	8.609.058	6	50.362.989
Abate de bovinos	7.445.632	33	241.983.040
Abate de suínos	4.075.714	33	132.460.705
Leite pasteurizado	1.744.080	17	29.300.544

Em conclusão, os mesmos setores da 2ª Comunicação foram selecionados (1 - açúcar, 2 - leite cru, 3 - álcool, 4- papel e celulose, 5 - cerveja, 6 -aves, 7 - bovinos, 8 – suínos e 9 - leite pasteurizado) incluem, com exceção do setor de algodão, mais de 97%[15] da carga orgânica com potencial de geração de CH_4. Em relação à 2ª Comunicação, excluiu-se o setor de algodão. A revisão daquela estimativa indicou que essa indústria divide-se em alimentícia e têxtil, sendo que os processos são distintos, variados e de menor relevância relativa quando observados isoladamente. A produção de papel foi desconsiderada em função da consideração de que as emissões de maior relevância ocorrem nas fábricas onde ocorre a produção de celulose. Dessa forma, considera-se que a produção de celulose engloba a emissão da produção de papel.

5.2.3 Capacidade máxima de produção de CH_4 - B_0

O IPCC (2000) sugere 0,25 $kgCH_4.kgCOD^{-1}$ e 0,60 $kgCH_4.kgDBO^{-1}$. Esse estudo emprega a segunda quantidade.

5.2.4 Fração de efluente industrial tratado por sistema – *WSi,x* e fração tratada anaerobiamente de cada setor – *MCF ponderado*

O IPCC recomenda que sejam observadas as tecnologias de tratamento e disposição dos efluentes industriais e suas respectivas frações.

Não há um levantamento oficial a respeito da tecnologia empregada e da fração tratada de efluente na indústria do Brasil. A definição do $WS_{i,x}$ foi feita por um painel de especialistas e é reproduzida na Tabela 38.

[15] De acordo com a Tabela 34, a seguir.

Tabela 38 - Tecnologias de tratamento de efluentes industriais, porcentagens de tratamento ou lançamento em corpos d'água - $WS_{i,x}$ e fração tratada anaerobiamente por tipo de indústria - *MCF ponderado*

Indústria	Tecnologia de tratamento	Fração de efluente tratado ou não tratado	MCF	$WS_{i,x}$. MCF
		[adimensional]		
Açúcar	Tratado em:			
	Fertirrigação	0,90	0,00	0,00
	Lagoas anaeróbias	0,03	0,80	0,02
	Lagoas facultativas	0,03	0,20	0,01
	Lagoa aeróbia	0,00	0,00	0,00
	Reator anaeróbio ou lodo ativado	0,03	0,80	0,02
	Lançado em corpos d'água	0,0	0,10	0,00
MCFponderado				0,05
Leite cru	Tratado em:			
	Lagoa anaeróbia	0,11	0,80	0,09
	Lagoa facultativa	0,11	0,20	0,02
	Lagoa aeróbia	0,10	0,00	0,00
	Reator anaeróbio ou lodo ativado	0,18	0,80	0,14
	Lançado em corpos d'água	0,50	0,10	0,05
MCFponderado				0,30
Álcool	Tratado em:			
	Fertirrigação	0,90	0,00	0,00
	Lagoas anaeróbias	0,03	0,80	0,02
	Lagoas facultativas	0,03	0,20	0,01
	Reator anaeróbio ou lodo ativado	0,03	0,80	0,02
	Lançado em corpos d'água	0,01	0,10	0,00
MCFponderado				0,05
Papel e celulose	Tratado em:			
	Lagoa anaeróbia	0,03	0,80	0,02
	Lagoa facultativa	0,03	0,20	0,01
	Lagoa aeróbia	0,08	0,00	0,00
	Reator anaeróbio	0,00	0,80	0,00
	Lodos ativados	0,72	0,80	0,58
	Tratamento terciário aeróbio	0,00	0,00	0,00
	Lançado em corpos d'água	0,14	0,10	0,02
MCFponderado				0,63
Cerveja	Tratado em:			
	Lagoa anaeróbia	0,03	0,80	0,02
	Lagoa facultativa	0,03	0,20	0,01
	Lagoa aeróbia	0,04	0,00	0,00
	Reator anaeróbio	0,48	0,80	0,38

Indústria	Tecnologia de tratamento	Fração de efluente tratado ou não tratado	MCF	$WS_{i,x}$. *MCF*
		[adimensional]		
	Lodo ativado	0,20	0,80	0,16
	Tratamento secundário e terciário aeróbios	0,02	0,00	0,00
	Lançado em corpos d'água	0,20	0,10	0,02
MCFponderado				0,59
Abate de aves	Tratado em:			
	Lagoa anaeróbia	0,11	0,80	0,09
	Lagoa facultativa	0,11	0,20	0,02
	Lagoa aeróbia	0,11	0,00	0,00
	Reator anaeróbio	0,07	0,80	0,06
	Lodos ativados	0,30	0,80	0,24
	Tratamento secundário e terciário aeróbio	0,00	0,00	0,00
	Lançado em corpos d'água	0,30	0,10	0,03
MCFponderado				0,44
Abate de bovinos	Tratado em:			
	Lagoa anaeróbia	0,11	0,80	0,09
	Lagoa facultativa	0,11	0,20	0,02
	Lagoa aeróbia	0,11	0,00	0,00
	Reator anaeróbio	0,10	0,80	0,08
	Lodos ativados	0,20	0,80	0,16
	Tratamento secundário e terciário aeróbio	0,02	0,00	0,00
	Lançado em corpos d'água	0,35	0,10	0,04
MCFponderado				0,39
Abate de suínos	Tratado em:			
	Lagoa anaeróbia	0,11	0,80	0,09
	Lagoa facultativa	0,10	0,20	0,02
	Lagoa aeróbia	0,10	0,00	0,00
	Reator anaeróbio	0,14	0,80	0,11
	Lodos ativados	0,23	0,80	0,18
	Tratamento secundário e terciário aeróbio	0,02	0,00	0,00
	Lançado em corpos d'água	0,30	0,10	0,03
MCFponderado				0,43
Leite pasteurizado	Tratado em:			
	Lagoa anaeróbia	0,13	0,80	0,10
	Lagoa facultativa	0,13	0,20	0,03
	Lagoa aeróbia	0,12	0,00	0,00
	Reator anaeróbio	0,15	0,80	0,12

Indústria	Tecnologia de tratamento	Fração de efluente tratado ou não tratado	MCF	$WS_{i,x}$. *MCF*
		[adimensional]		
	Lodos ativados	0,15	0,80	0,12
	Tratamento secundário e terciário aeróbio	0,02	0,00	0,00
	Lançado em corpos d'água	0,30	0,10	0,03
MCFponderado				0,40

Fonte: Julgamento de especialistas

Os dados acima são resumidos na Tabela 39 junto com o *default* de 1990 (IPCC, 1996) e o dado sobre cervejarias de 2005, que na Segunda Comunicação foi aplicado para todos os demais setores. Os dados dos anos intermediários, entre 1990 e 2010, foram interpolados para todos os setores, com exceção do setor de cerveja onde a interpolação é feita entre 1990 a 2005 e 2005 a 2010.

Tabela 39 - *MCFponderado* para 1990, 2005 e 2010

Produto	*MCFponderado*			*MCFponderado* para estimar R		
	1990	2005	2010	1990	2005	2010
Açúcar	-		0,06	0		0,02
Leite cru	0,18		0,30	0		0,14
Álcool	-		0,06	0		0,02
Celulose	0,18		0,62	0		0,58
Cerveja	0,18	0,66	0,59	0	0,61	0,54
Abate de aves	0,18		0,44	0		0,30
Abate de bovinos	0,18		0,39	0		0,24
Abate de suínos	0,18		0,43	0		0,30
Leite pasteurizado	0,18		0,40	0		0,24

Fonte: *MCFponderado* de 1990 IPCC (1996)[

5.2.5 Fator de conversão de CH_4 - *MCF*

Os dados a esse respeito encontram-se na Tabela 31, na página 44 desse estudo e são os mesmos empregados para o tratamento de esgoto doméstico.

5.2.6 Fração tratada anaerobiamente – *MCFponderado*

A soma dos produtos entre o $WS_{i,x}$ e o *MCF* em cada setor produtivo corresponde ao *MCFponderado* desse setor e é apresentada na Tabela 38 da página 55 desse estudo.

5.2.7 CH_4 recuperado – *R*

Os reatores anaeróbios e digestores de lodos contam com queimadores de gases. Por essa razão, considera-se que em todos os empreendimentos onde se emprega reatores ou digestores há queimadores. A eficiência média de queima nessas instalações é de 50%.

Nas indústrias de produção de cerveja, a partir de 2002, foram instalados sistemas de recuperação e uso energético de biogás. Esse biogás é usado em substituição aos combustíveis empregados nas caldeiras. Nesses casos, a destruição do CH_4 é, em média, de 95%, como ocorre nos queimadores de chama mais eficientes. A Tabela 40, a seguir, resume as estimativas de R.

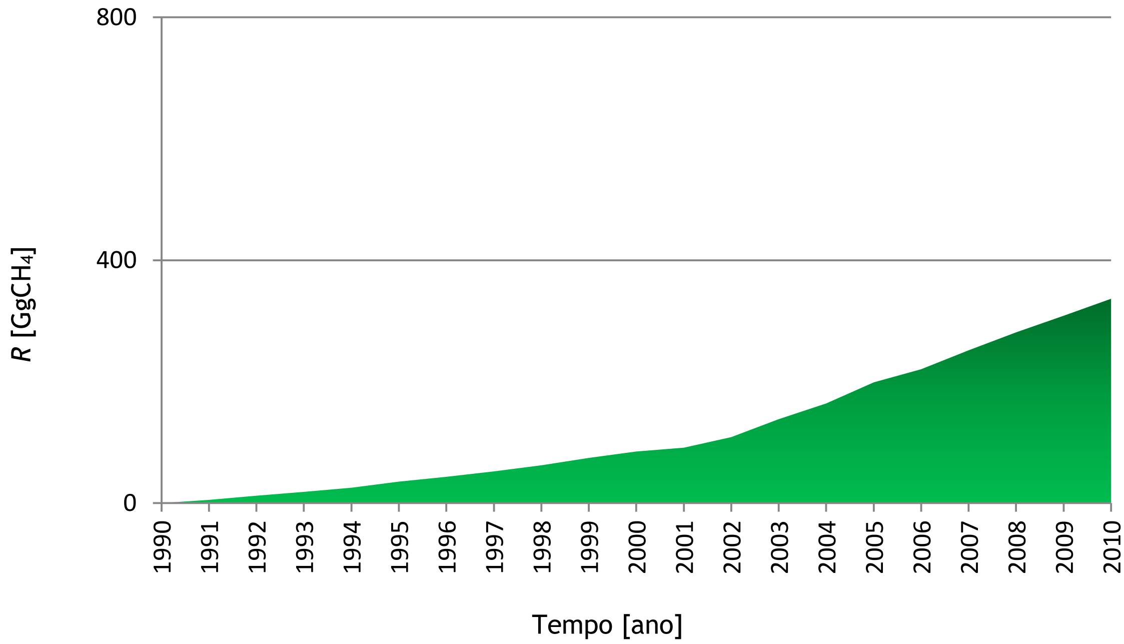
Tabela 40 - Reduções de emissões de CH_4 - *R*

Ano	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
					[GgCH4]					
R	-	5,56	12,12	18,40	25,21	35,22	43,37	52,43	62,06	74,45

Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
						[GgCH4]					
R	84,91	91,57	108,59	138,18	163,85	198,69	220,43	251,64	281,32	308,45	336,49

A evolução das reduções de emissões do setor de efluentes industriais pode ser observada na Figura 9 e na Figura 9.

Figura 9 -CH_4 recuperado - *R*



5.3 Resultados

A Tabela 41 apresenta as emissões de CH_4 devidas ao tratamento e disposição de efluentes industriais.

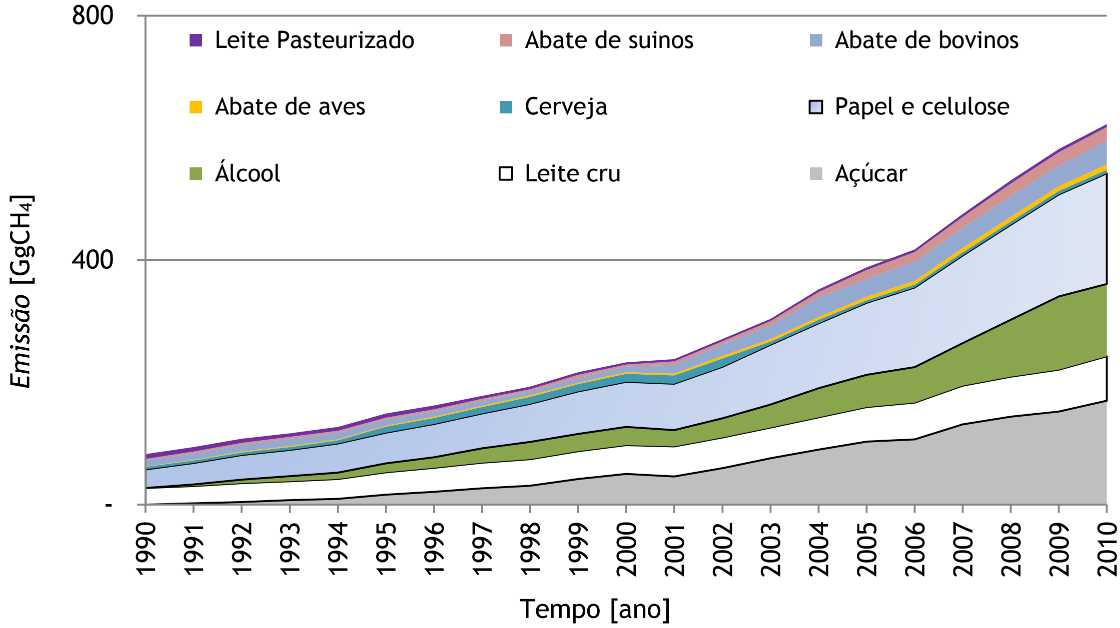
Tabela 41 - Emissões de CH_4 pelo tratamento e disposição de efluentes industriais no Brasil

Emissões	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[GgCH_4]									
Açúcar	-	1,90	4,40	7,17	9,46	16,32	20,92	26,78	30,73	41,85
Leite cru	27,12	28,64	30,41	31,25	32,60	36,36	39,32	41,96	43,53	45,28
Álcool	-	2,64	5,84	8,08	10,37	14,64	17,38	23,14	28,32	28,68
Papel e celulose	30,45	34,83	40,19	43,06	47,57	50,17	54,21	57,19	62,35	69,31
Cerveja	3,89	4,19	4,49	4,81	5,14	9,99	10,20	10,72	11,64	11,98
Abate de aves	1,01	1,17	1,28	1,43	1,55	1,68	1,82	1,96	2,10	2,40
Abate de bovinos	9,95	10,50	11,25	11,74	10,87	9,94	8,97	7,95	6,88	7,58
Abate de suínos	2,56	2,93	3,32	3,38	3,35	3,32	3,28	3,23	3,18	5,33
Leite Pasteurizado	7,59	7,21	6,60	5,49	6,00	6,72	6,19	5,08	4,53	3,98
Total	82,58	94,02	107,79	116,41	126,92	149,15	162,29	178,01	193,26	216,40

Emissões	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	[GgCH_4]										
Açúcar	50,02	45,97	59,50	75,69	90,01	103,3	106,6	131,5	144,1	152,2	170,1
Leite cru	47,2	49,3	50,1	50,4	52,9	56,2	60,4	63,1	65,3	68,5	72,8
Álcool	29,8	26,8	31,8	37,7	47,4	53,0	58,1	69,7	93,1	120,1	118,0
Papel e celulose	73,9	75,6	84,1	97,7	106,5	117,6	130,2	143,3	155,3	166,7	181,5
Cerveja	13,1	13,6	13,7	5,5	5,79	4,43	4,76	5,14	5,45	5,57	5,76
Abate de aves	2,72	3,54	3,88	4,23	4,58	5,87	6,13	7,38	7,74	8,16	8,70
Abate de bovinos	9,39	14,05	19,15	22,07	32,09	29,21	31,18	32,53	33,84	33,18	38,48
Abate de suínos	3,06	5,68	5,17	6,97	8,90	14,61	15,99	18,37	20,53	22,18	22,73
Leite Pasteurizado	3,90	3,52	3,69	3,92	4,14	4,11	4,35	4,71	5,04	5,12	4,92
Total	233,1	238,0	271,1	304,2	352,3	388,3	417,8	475,6	530,4	581,7	622,9

A contribuição relativa de cada setor industrial pode ser observada na Figura 10.

Figura 10 - Emissões de CH_4 pelo tratamento e disposição de efluentes industriais no Brasil



6 Emissões de N_2O pelo efluente doméstico

6.1 Método

Emissões de N_2O de efluentes podem ocorrer de forma direta ou indireta. As emissões diretas ocorrem em estações de tratamento avançado (tratamento terciário com remoção de nitrogênio (N), através da nitrificação e desnitrificação). As emissões indiretas ocorrem quando da disposição de efluentes em corpos d´água. A estimativa das emissões indiretas é efetuada para efluentes lançados em corpos d´água, de acordo com a seguinte equação[16]:

$$Emissões\ N_2O_{(s)} = Pop.CP.Frac_{NPR}.EF_{efluente}\ \frac{44}{28}$$

Equação 14 - Emissões de N_2O pelo efluente doméstico

onde:

Emissões de $N_2O_{(S)}$	*Emissões anuais de N_2O do esgotamento urbano*	*[kgN_2O-N.ano^{-1}]*
Pop	*População*	*[habitante]*
CP	*Consumo anual de proteína per capita*	*[kg.(habitante.ano)$^{-1}$]*
$Frac_{NPR}$	*Fração de N na proteína*	*[kgN.kgproteína^{-1}]*
$EF_{efluente}$	*Fator de emissão de N_2O*	*[kgN_2O-N.kgN^{-1}]*

6.2 Dados

6.2.1 População - Pop

A população considerada para a estimativa das emissões de N_2O é a mesma considerada na estimativa de geração de CH_4 por efluentes domésticos apresentada na página 39 e 40 desse estudo.

6.2.2 Consumo de proteína - *CP*

O consumo de proteína per capita é dado para alguns anos pela FAO (2009), reproduzido na Tabela 42, interpolado para os anos de 1995, 1997, 1998, 2000, 2002 e 2004 e extrapolado para os demais anos do período entre 1990 e 2010.

Tabela 42 - Consumo de proteína - *CP*

Consumo de proteína g.(pessoa.dia)$^{-1}$		
1994-1996	1999-2001	2003-2005
76,8	79,4	84,5

Fonte: FAO (2009)

[16] Esta equação não consta do IPCC (2000). Aquela apresentada no IPCC (1996) foi corrigida de acordo com o IPCC (2006) e simplificada como no IPCC (1996).

6.2.3 Fração de N na proteína – *FracNPR*

Foi empregado o default do IPCC (2006) de 0,16 $kgN.kgproteína^{-1}$(IPCC, 2006).

6.2.4 Fator de emissão de N_2O - $EF_{efluente}$

Foi empregado o default do IPCC (2006) de 0,005kgN_2O-N.kgN^{-1} (IPCC, 2006).

6.3 Resultados

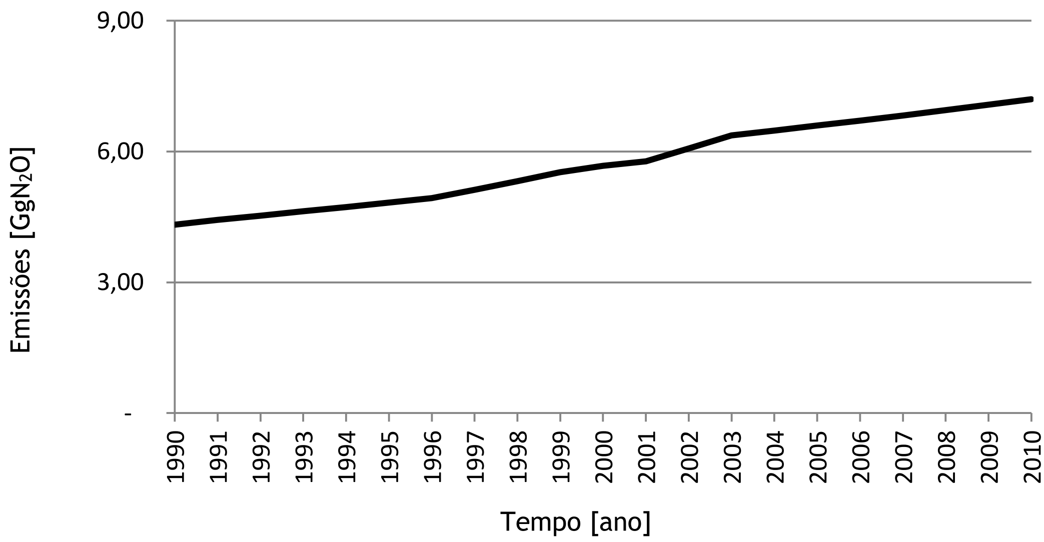
A seguir, a Tabela 43 apresenta as emissões de N_2O de águas residuárias.

Tabela 43 - Emissões de N_2O de águas residuárias no Brasil

Emissão de N_2O por efluentes domésticos [$GgN_2O.ano^{-1}$]									
1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
4,32	4,43	4,53	4,63	4,73	4,83	4,93	5,12	5,32	5,53

Emissão de N_2O por efluentes domésticos [$GgN_2O.ano^{-1}$]										
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
5,67	5,78	6,07	6,37	6,48	6,60	6,71	6,82	6,95	7,07	7,20

Figura 11 Emissões de N_2O de águas residuárias no Brasil



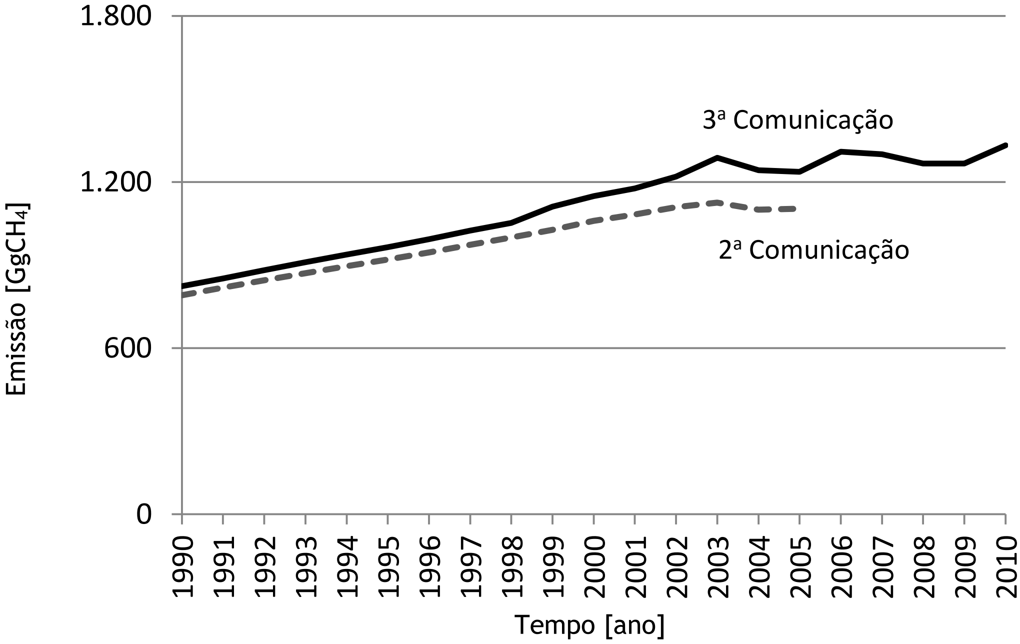
7 Diferenças em relação ao Segundo Inventário

7.1 MSW disposto no solo

Foi mantida o método de cálculo do IPCC (2000) com correções apresentadas no IPCC (2006). Para o cálculo das estimativas de MSW as fórmulas das constantes da *Taxa constante de geração de CH_4 (k)* e *Fator de normalização para a soma (A)* foram corrigidas, assim como a fórmula do *DOC*(t). Também passou-se a considerar emissões apenas no ano seguinte ao de deposição. A emissão nacional corresponde à soma das emissões dos 5.565 municípios cujas emissões são estimadas individualmente desde 1970. Também foram substituídos os dados da Contagem Populacional de 2007 pelos dados do Censo de 2010.

A comparação dos resultados é simplificada pela Figura 12, a seguir. Esses são semelhantes de 1990 até 2000, divergindo a partir daí, até uma diferença máxima de 5% em 2005.

Figura 12 – Comparação com os resultados de disposição de resíduos sólidos da 2ª Comunicação Nacional



7.2 Resíduo sólido incinerado

As quantidades de resíduos incinerados foram revisadas e resultando nas diferenças apresentadas na Tabela 44, que compara as emissões de CO_2, N_2O e CH_4 na 2ª e 3ª Comunicação Nacional.

Tabela 44 – Comparação com os resultados de incineração de resíduos da 2ª Comunicação Nacional

GEE	Ano	1990	2000	2005
CO_2 (Gg)	2ª Comunicação	24	92	110
	3ª Comunicação	19	95	128
	Diferença [%]	-21%	3%	16%
N_2O (Gg)	2ª Comunicação	0,00	0,00	0,00
	3ª Comunicação	0,00	0,01	0,01
	Diferença [%]	n.e.	n.e.	n.e.

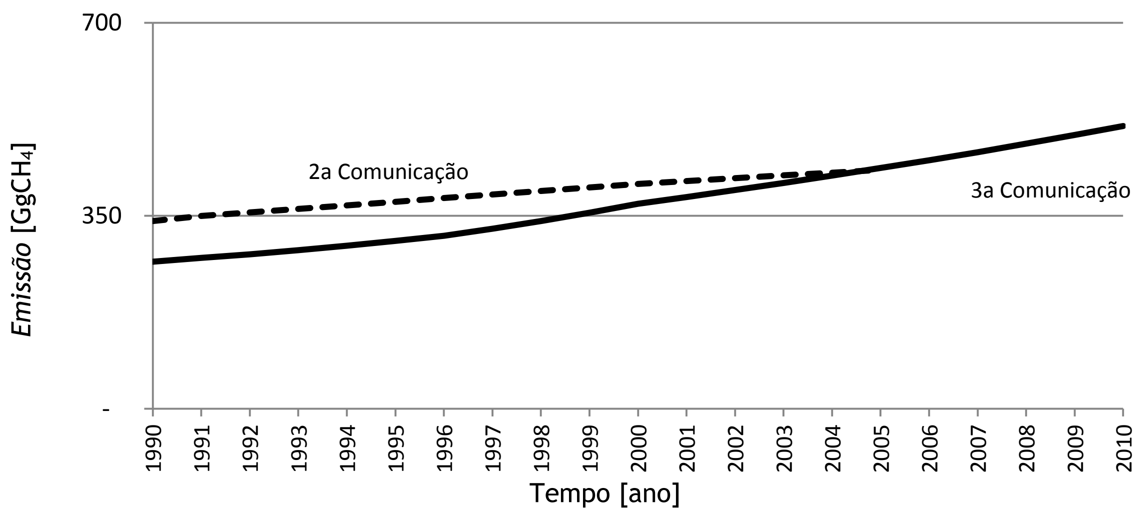
7.3 Efluente doméstico tratado ou lançado em corpos d'água

Para a 3ª Comunicação Nacional foi desconsiderada a parcela da população que não dispõe de banheiro no domicílio, uma vez que seus detritos são descartados sem o emprego de água e não são caracterizados como esgoto. Os dados da Contagem Populacional de 2007 e dados das PNAD, usados na 2ª Comunicação, foram substituídos pelos dados dos Censos de 2000 e 2010 e das PNSB de 2000 e 2008 na 3ª Comunicação. Os dados dos anos intermediários aos Censos de 2000 e 2010 e às PNSB de 2000 e 2008 foram obtidos por interpolação ou extrapolação.

Como consequência disso, as estimativas de emissões pelo tratamento e disposição de efluentes domésticos da 3ª Comunicação são inferiores, com uma diferença máxima de 28%, em 1990. Essa diferença diminui continuamente até 2005, quando as estimativas se equivalem. Somente o desconto da população sem escoadouro, sozinha, provoca a redução de 15% da carga orgânica gerada.

A Figura 13 resume a comparação.

Figura 13 - Comparação com resultados de efluentes domésticos da 2ª Comunicação Nacional

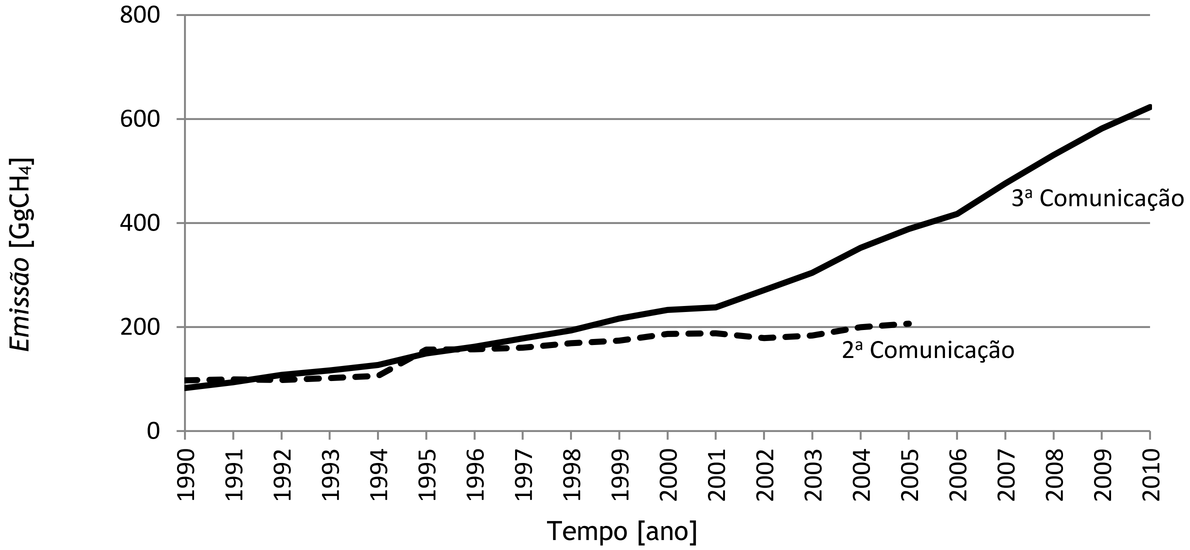


7.4 Efluente industrial tratado ou lançado em corpo d'água

As quantidades produzidas foram corrigidas pelas entidades responsáveis nessa 3ª Comunicação Nacional. Os fatores de emissão de DBO foram revistos e atualizados. Considerando dados de licenciamento ambiental da CETESB, as frações tratadas anaerobiamente foram reavaliadas por um painel de especialistas e atualizadas de forma mais realista. O setor de algodão foi excluído devido às elevadas incertezas.

Como resultado a estimativa em 2005 foi 88% superior devido a identificação, através de dados de licenciamento da CETESB, de sistemas anaeróbios no tratamento de efluentes nas usinas de produção de açúcar e álcool (Figura 14). Apesar de relativamente baixa, a fração de tratamento anaeróbio combinada com a quantidade de carga orgânica produzida nessas instalações elevou significativamente as emissões totais de CH_4 desse setor.

Figura 14 Comparação dos resultados da 3ª com os da 2ª Comunicação – CH_4 por efluentes industriais



8 Referências

ABIA. Associação Brasileira da Indústria da Alimentação. **Produção de cerveja no Brasil entre 1990 a 2010**. [correspondência pessoal]. E-mail enviado pelo senhor Cleber Sabonaro do Departamento de Economia e Estatística - DECON da ABIA em 2014.

ABETRE. Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos, **Panorama atual da incineração de resíduos industriais**. Brasília, 2006.

______.______. **Considerações sobre a movimentação interestadual de resíduos**. São Paulo, 2009.

______.______. **Perfil do setor de tratamento de resíduos**. São Paulo, 2013.

ABLV. **Associação Brasileira da Indústria de Leite Longa Vida**. Disponível em:http://www.ablv.org.br/. Acesso em julho de 2014.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Norma Brasileira NBR 9800. **Critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário** – Procedimento, 1987.

______.______. Norma Brasileira 12209. **Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários**, 1992.

______.______. Norma Brasileira NBR12209. **Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários**, Rio de Janeiro, p 9, 2011.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais.**Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2008**. São Paulo: ABRELPE, 2008. 196 p.

______.______. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2009**. São Paulo: ABRELPE, 2009. 210 p.

______.______. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2010**. São Paulo: ABRELPE, 2010. 202 p.

BRASIL. MCT. Ministério da Ciência e Tecnologia, **Resolução nº 1 de 11 de setembro de 2003**. Resoluções da Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima, Brasília, 2003, disponível em (http://www.mct.gov.br/upd_blob/0023/23433.pdf). Acesso em junho de 2014.

______.______.______. **Inventário Nacional de Emissões de Metano pelo manejo de resíduos**. Brasília: MCT. (2006).

______. MCTI. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa.** Relatórios de Referência. Emissões de Gases de Efeito Estufa no Tratamento e Disposição de Resíduos. CETESB, MCTI (2010).

CDM SMITH, COBRAPE e CETESB. **Technical Assistance for Technologies for Industrial Water Discharge Reduction in São Paulo USTDA Grant No: GH2009510006**. Volume 1: Final Report, no prelo. CETESB: São Paulo.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Inventário Nacional de emissões de metano pelo manejo de resíduos** – *Enabling Brazil to Fulfill its commitments to the United Nations Convention on Climate Change*, São Paulo, p 40, São Paulo, 1998.

______.______. **Emissões de gases de efeito estufa no tratamento e disposição de resíduos sólidos: relatórios de referência**. Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa, 2. Tratamento de resíduos. Brasília, DF: MCT, 2010.

______.______. **Emissões de metano no tratamento e na disposição de resíduos: relatórios de referência**. Brasília, DF: MCT, 2006. 86 p. (Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa, 1. Tratamento de Resíduos). Disponível em: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/21465.html>. Acesso em: ago. 2006

______.______. **Portal de Licenciamento Ambiental.** Disponível em: <https://portalambiental.cetesb.sp.gov.br/pla/welcome.do> Acesso em junho de 2014.

______. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Demanda Bioquímica de Oxigênio** [S.d].

COSTA NETO, P. L. DE O. **Estatística.** 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 2002. p. 266.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Faostat, Dietary energy protein and fat consumption**, 2009.

IBA. **Indústria Brasileira de Árvores**. Disponível em: www.bracelpa.org.br Acesso em julho de 2014

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB 1989**. 50p. Rio de Janeiro: IBGE. Departamento de Estatísticas e Indicadores Sociais. Esgotamento Sanitário, 1989.

______.______.**Censo Demográfico.** Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

______.______.**Anuário Estatístico Brasileiro**. Rio de Janeiro, 1992.

______.______ **Anuário Estatístico Brasileiro**. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

______.______.**Contagem da população**. Rio de janeiro: IBGE, 1996.

______.______.**PIA Pesquisa industrial 1998 – 1999** Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/58/pia_1998_1999_v18_n2_produto.pdf Acesso em julho de 2014. Rio de Janeiro, v.18.

______.______.**Censo demográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

______.______.**PNSB. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. [Np] Rio de Janeiro: IBGE, 2000a.

______.______.**PIA Pesquisa Industrial 2000b** Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/58/pia_2000_v19_n2_produto.pdf Acesso em julho de 2014. Rio de Janeiro, v.19.

______.______.**PIA Pesquisa Industrial 2001** Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/58/pia_2001_v20_n2_produto.pdf Acesso em julho de 2014. Rio de Janeiro, v.20.

______.______.**PIA Pesquisa Industrial 2002** Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/58/pia_2002_v21_n2_produto.pdf Acesso em julho de 2014. Rio de Janeiro, v.21.

______.______.**PIA Pesquisa Industrial 2003** Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/58/pia_2003_v22_n2_produto.pdf Acesso em julho de 2014. Rio de Janeiro, v.21.

______.______.**PIA Pesquisa Industrial 2004** Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/58/pia_2004_v23_n2_produto.pdf Acesso em julho de 2014. Rio de Janeiro, v.21.

______.______.**Contagem da população**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

______.______.PNSB. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008**. 222p Rio de Janeiro: IBGE, 2008.

______.______.**Censo demográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010

______.______.**SIDRA**. Sistema IBGE de Recuperação Automática. Tabela 3463. **Produção e vendas dos produtos e/ou serviços industriais**, segundo as classes de atividades e os produtos - Prodlist Indústria 2010. 2014

______.______. **SIDRA**. Sistema IBGE de Recuperação Automática. **População residente e situação do domicílio: urbana.** Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/download/Pop%20total-3.csv> . Acesso em: dez 2014a.

INMET. **Dados médios de evapotranspiração do ano de 2004 das estações na região Sul**. Dados em via digital. Brasília, 2009.

INMET. **Normais climatológicas de 1961 a 1990.** Disponível em: < http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em jan. 2014. Brasília, 2014.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**: Workbook. Waste. vol. 2. Edited by Houghton J.T, Meira Filho L.G, Lim B, Tréanton K, Mamaty I, Bonduki Y, Griggs D.J and Callandre B.A. Intergovernmental Panel on Climate Change, (IPCC), IPCC/OECD/IEA/IGES, United Kingdom, London, 1996.

______.______.**Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories**. Edited by Penman J, Kruger D, Galbally I, Hiraishi T, Nyenzi B, Emmanuel S, Buendia L, Hoppaus R, Martinsen T, Meijer J, Miwa K, Tanabe K. Intergovernmental Panel on Climate Change, (IPCC), IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan., 2000.

______.______. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Waste. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Edited by Eggleston H.S, Buendia L, Miwa K, Ngara T and Tanabe K. Intergovernmental Panel on Climate Change, (IPCC), IPCC/OECD/IEA/IGES IGES, Japan. vol. 5, 2006.

MAGALHÃES, G.H.C; ALVES, J.W.S; SANTO FILHO, F.E.; KELSON, M. **Understanding methane emissions from passive systems in landfills in Brazil: a contribution for reducing the uncertainties concerning the amount of methane recovered (R) in greenhouse gas emissions inventories from waste management and for better estimating the parameter adjustment factor (AF) in landfill gas collection and destruction/recovering projects under the Clean Development Mechanism (CDM)**, 14p, In: 3rd International Workshop on Uncertainty in Greenhouse Gas Inventories, 2010, Lviv. 3rd International Workshop on Uncertainty in Greenhouse Gas Inventories - Proceedings. Lviv: Lviv Polytechnic National University. v. 1. p. 165-176, disponível em (http://goo.gl/Y1qUYY).

SALVADOR, N. N. B. **Listagem de fatores de emissão para avaliação expedita de cargas poluidoras das águas**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 16. Trabalhos livres, Vol. 4. 1991.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Aplicativo da série histórica do SNIS**. Série Histórica 2006. Brasília: MCIDADES. SNSA, 2006.

UNICA. União da Indústria da Cana de Açúcar. **Moagem de cana-de-açúcar e produção de açúcar e etanol** – safra 1990 a 2010. Etanol, Açúcar e Energia. Disponível em: http://www.unicadata.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=31&tipoHistorico=2, Acesso em fevereiro de 2014.

VIEIRA, S. M. M. et al. **Relatório dos bancos de dados de resíduos sólidos e efluentes líquidos**. 2.ed. São Paulo: CETESB, 2001.

Glossário

ABETRE	Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos
ABIA	Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação
ABLV	Associação Brasileira da Indústria de Leite Longa Vida
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CH_4	Metano
CO_2	Dióxido de carbono
CW	Resíduo dos serviços de saúde, ou em inglês: *Clinical Waste*
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
D_{dom}	Carga orgânica por habitante ao dia no efluente
D_{ind}	Carga orgânica gerada por unidade de produto industrial no seu efluente
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	*Food and Agriculture Organization of the United Nations*
FOD	Decaimento de primeira ordem, ou em inglês: *First Ordem Decay*
GEE	Gás de Efeito Estufa
Gg	Gigagrama, 10^9g ou 1000t
HW	Resíduo sólido industrial perigoso, ou em inglês: *Hazard Waste*
IBA	Indústria Brasileira de Árvores
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCC	Painel intergovernamental sobre mudanças climáticas, ou em inglês: *Intergovernmental Panel on Climate Change*
IQR	Índice de Qualidade de aterros e Resíduos
MAP	Precipitação média anual, ou em inglês: *Mean Annual Precipitation*
MAT	Temperatura média anual, ou em inglês: *Mean Annual Termperature*
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MSW	Resíduo sólido municipal, ou em inglês: *Municipal Solid Waste*
N	Nitrogênio
NBR	Norma Brasileira
N_2O	Óxido nitroso
PET	Evapotranspiração potencial, ou em inglês: *Potential EvapoTranspiration*
PIA	Pesquisa Industrial Anual
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SS	Lodo de esgoto, ou em inglês, *Sewage Sludge*
UNESP-FEG	Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá
UNICA	União da Indústria da Cana-de-Açúcar